



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Diogo de Oliveira Rego

**Aplicação de ferramentas *lean* na melhoria
do fluxo produtivo de ferramentas de corte
em aço**

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do Professor

Rui Manuel Alves da Silva e Sousa

outubro de 2019

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição

CC BY

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

DECLARAÇÃO

Nome: Diogo de Oliveira Rego

Endereço eletrónico: diogo.rego@sapo.pt

Telefone: 919072314

Número do Bilhete de Identidade: 15149458

Título da dissertação: Aplicação de ferramentas lean na melhoria do fluxo produtivo de ferramentas de corte em aço

Orientador: Professor Rui Manuel Alves da Silva e Sousa

Ano de conclusão: 2019

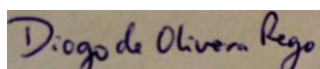
Designação do Mestrado: Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Nos exemplares das teses de doutoramento ou de mestrado ou de outros trabalhos entregues para prestação de provas públicas nas universidades ou outros estabelecimentos de ensino, e dos quais é obrigatoriamente enviado um exemplar para depósito legal na Biblioteca Nacional e, pelo menos outro para a biblioteca da universidade respetiva, deve constar uma das seguintes declarações:

1. DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO EM VIGOR, NÃO É PERMITIDA A REPRODUÇÃO DE QUALQUER PARTE DESTA TESE/TRABALHO

Universidade do Minho, 24/10/2019

Assinatura:



AGRADECIMENTOS

Escrever a página dos agradecimentos é, sem dúvida, um misto de sentimentos. Como última página a ser escrita desta dissertação, faz-me perceber que é efetivamente também aquela que me faz concluir estes cinco anos fantásticos. É com grande alegria que termino este projeto, mas também com nostalgia, sobretudo devido a todo o esforço e dedicação que coloquei neste conjunto grande de páginas.

Assim, fazendo jus a este capítulo especialmente a isso dedicado, quero deixar por escrito o meu obrigado a todos que, direta ou indiretamente também contribuíram para eu ter conseguido alcançar esta página de agradecimentos. À Frezite/FMT, por me terem sempre ajudado; ao Eng.º Diogo Costa e ao Pedro Jonas, que mais me acompanharam nestes últimos meses; ao pessoal do Desenho e do Centro de Maquinagem, que me “acolheu” e se mostrou sempre disposto a ajudar; a todos os restantes colaboradores, pelo muito me ensinaram e pelo precioso tempo despendido comigo; um “muito obrigado” especial à equipa de Operações: ao João, ao Luís, à Susana e à Rita. Ao meu orientador, Prof. Dr. Rui Sousa, que me ajudou desde o início e me guiou, tornando possível esta dissertação de mestrado.

Obrigado, acima de tudo, à minha família, que sempre me apoiou nestes 22 anos. Obrigado por tudo aquilo que fizeram por mim; e por me terem tornado em quem eu sou, esta dissertação também é em grande parte vossa. Ao meu pai e à minha mãe, por serem pessoas e pais exemplares, por quererem sempre o melhor para mim, agradeço especialmente de uma forma que nunca conseguirei sequer colocar em palavras. Ao meu irmão Gonçalo, por me conhecer melhor do que ninguém, e por estar sempre presente para mim. Aos meus avós, que me querem o melhor do mundo. Aos meus tios e primos.

Obrigado a todos os meus amigos e colegas de curso, em especial àqueles que comigo vivenciaram mais momentos especiais. A todos vós agradeço do fundo do coração, pelo companheirismo e ajuda mútua que fomos partilhando, por todos os momentos, bons e maus, que vivemos, por todas as dificuldades que enfrentámos, mantendo sempre a amizade e carinho uns pelos outros. Obrigado por terem feito estes últimos anos os melhores anos das nossas vidas. O que importa não é realmente o destino, mas sim a viagem.

“Estes anos são viagem (...) Todo o destino é partir”

(in Hino da Universidade do Minho)

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

RESUMO

O projeto apresentado nesta dissertação surge no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Industrial da Universidade do Minho, como trabalho final conducente a grau. Foi desenvolvido em ambiente industrial na empresa FMT – Frezite Metal Tooling, que se especializa na produção de ferramentas de corte personalizadas. O principal objetivo definido para o projeto consistiu no desenvolvimento e melhoria do centro produtivo dedicado à fabricação de ferramentas de corte em aço, e da cadeia de valor associada. Para tal, definiram-se como objetivos-guia a definição do produto, equipamentos, capacidades produtivas, sistemas de abastecimento e de gestão de materiais, e de instruções de trabalho padrão.

Seguindo a metodologia de investigação *Action Research*, iniciou-se o projeto com um rastreio inicial ao fluxo produtivo, ao longo do qual foram identificados desperdícios relacionados principalmente com baixa disponibilidade de máquinas, sistema de planeamento com falhas, ineficiência do método de conceção de ferramentas. Implementaram-se várias melhorias, nomeadamente no *setup* de torno, implementação de um sistema de planeamento produtivo com recurso a cartões *kanban*, e desenvolvimento e implementação de *checklists* de manutenção autónoma para as diversas máquinas do centro produtivo. As propostas relativas à melhoria do método de conceção de ferramentas e à produção interna de um componente não puderam ser ainda implementadas por envolverem um número elevado de recursos e reestruturações necessárias para poderem ter sido feitas no tempo previsto para o projeto.

Com as propostas implementadas estimou-se uma poupança anual de mais de 32700€. Em relação à produtividade, o centro produtivo intervencionado aumentou 6% a quantidade produzida e 35,8% o valor monetário criado, tendo-se observado aumentos de disponibilidade de máquina em todas as secções do centro. Foi possível reduzir o tempo de *setup* de torno de cerca de 10 minutos para 15 segundos. Assim, verificou-se o cumprimento do principal objetivo do projeto, bem como dos resultados esperados. Observaram-se melhorias na produtividade geral do centro produtivo, podendo-se ainda, através da implementação futura das propostas de melhoria ainda não implementadas, reduzir em grande escala os custos de subcontratação e o tempo de entrega total do produto ao cliente final.

PALAVRAS-CHAVE

Produção Lean, Melhoria Contínua, Produtividade, Fluxo Produtivo, Troca de Ferramentas.

ABSTRACT

The project presented in this dissertation arises within the scope of the Integrated Master's in Industrial Engineering and Management of the University of Minho, as final work leading to a degree. It was developed in an industrial environment at FMT - Frezite Metal Tooling, which specializes in the production of custom cutting tools.

The main objective defined for the project is the development and improvement of the production center dedicated to the manufacture of steel cutting tools, and the associated value chain. To this end, the following objectives were defined: product and equipment definition, production capacities, supply and management systems of materials, and standard work instructions.

Following the Action Research research methodology, the project began with an initial screening of the productive flow, along which waste was identified mainly related to low machine availability, faulty planning system, inefficient tool design method. Several improvements were implemented, namely in the lathe tool setup, implementation of a production planning system using kanban cards, and development and implementation of autonomous maintenance checklists for the various machines in the production center. Proposals for the improvement of the tool design method and the internal production of a component could not yet be implemented as they involved a large number of resources and restructuring needed to be completed on time.

With the improvement proposals implemented, an estimated annual saving of over 32700 € was obtained. Regarding productivity, the intervened productive center obtained increases of 6% in the quantity produced and 35,8% in the monetary value created, as well as increases in machine availability in all sections of the center. It was possible to reduce the setup time from around 10 minutes to 15 seconds. Thus, it was verified the fulfillment of the main objective defined for the project, as well as the expected results for it. Improvements were observed in the overall productivity of the production center, and further implementation of the improvement proposals not yet implemented could greatly reduce subcontracting costs and the total delivery time of the product to the final customer.

KEYWORDS

Lean Production, Constant Improvement, Productivity, Production Flow, Quick Changeover

ÍNDICE

Agradecimentos	iv
Resumo.....	vi
Abstract	vii
Índice	viii
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tabelas.....	xiii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xiv
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Metodologia de Investigação	2
1.4 Estrutura da Dissertação	3
2. Revisão Bibliográfica	5
2.1 Lean Production.....	5
2.2 Toyota Production System	7
2.2.1 Casa do TPS	8
2.2.2 Desperdício.....	9
2.2.3 Jidoka.....	10
2.2.4 <i>Just-in-time</i>	10
2.3 Lean PPD (Product-Process Development) System.....	11
2.4 Exemplos de Ferramentas <i>Lean</i>	13
2.4.1 5S.....	14
2.4.2 SMED (<i>Single Minute Exchange of Dies</i>)	15
2.4.3 Kanban.....	17
2.4.4 Gestão Visual.....	18
3. A Empresa	19
3.1 FMT: Ferramentas Metal.....	19
3.1.1 Famílias de ferramentas.....	20

3.1.2	Fluxo produtivo	20
4.	Análise do Estado Atual	22
4.1	Fluxo produtivo – visão geral.....	22
4.2	Conceção de ferramentas.....	23
4.2.1	Projeto	23
4.2.2	Desenho e Programação	24
4.2.3	Desperdícios	25
4.3	Produção.....	30
4.3.1	Layout e Fluxo no Centro	30
4.3.2	Análise de indicadores	32
4.3.3	Identificação de oportunidades de melhoria.....	36
4.3.4	Produção interna de <i>blanks HSK</i>	44
5.	Apresentação e implementação de propostas de melhoria	51
5.1	Reestruturação do processo de conceção de ferramentas.....	52
5.2	Produção de ferramentas de aço - Centro de Maquinagem.....	54
5.2.1	Baixa disponibilidade TORN50	54
5.2.2	Implementação de <i>checklists</i> de manutenção autónoma	58
5.2.3	Sistema de planeamento do Centro com recurso a <i>kanban</i>	58
5.2.4	Documentação do Centro	61
6.	Análise e discussão dos resultados.....	64
6.1	Resultados das propostas de melhoria implementadas	64
6.1.1	Realocação do computador do Centro de Maquinagem	64
6.1.2	Implementação do sistema de grampos de troca rápida	65
6.1.3	Automatização da preparação de desenhos na programação de torno	65
6.1.4	Sistema de planeamento com <i>kanban</i>	65
6.1.5	Documentação do Centro	66
6.2	Resultados das propostas de melhoria não implementadas	67
6.2.1	Reestruturação do processo de conceção de ferramentas	67

6.2.2	Produção interna de <i>blanks</i> HSK	69
6.3	Análise de indicadores do Centro de Maquinagem	70
7.	Conclusão	73
7.1	Conclusões	73
7.2	Trabalho futuro	75
	Referências Bibliográficas	76
	Anexo I – Exemplo de uma Ordem de Fabrico	79
	Anexo II – Registo de tempos de atividades (desenho)	80
	Anexo III – Não-conformidades TORN50 e FRES50	81
	Anexo IV – Não-conformidades FRAM50	82
	Anexo V – Checklist de Manutenção autónoma	83
	Anexo VI – Folha de registo da manutenção autónoma	87
	Anexo VII – Análise de NCs: Diagrama de Ishikawa	88
	Anexo VIII – Análise de NCs: 5 porquês	89
	Anexo IX – Premissas do Centro de Maquinagem	91
	Anexo X – Folha de turno	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Princípios "Lean Thinking" (retirado de Lean Enterprise Institute, n.d.)	6
Figura 2 - Casa do TPS (retirado de Liker, 2004)	8
Figura 3 - Jidoka (retirado de Hirano, 1988)	10
Figura 4 - Mecanismos de comunicação PPD na Toyota (retirado de Sobek, Ward, e Liker (1998))	13
Figura 5 - Técnica dos 5S	14
Figura 6 - Etapas do SMED (retirado de Shingo (1989))	16
Figura 7 - Cartão kanban da Toyota (retirado de Roser (2017))	17
Figura 8 – UEN (Unidades estratégicas de Negócio) do Grupo Frezite	19
Figura 9 - Principais famílias de produtos da FMT	20
Figura 10 - Exemplos de caixas utilizadas na produção	21
Figura 11 - Atividades principais do fluxo produtivo para a produção de ferramentas de aço	22
Figura 12 - Procedimentos realizados para cada tipo de pedido do cliente	25
Figura 13 - Tempos de concepção de desenhos de produção, para diferentes famílias de ferramentas	27
Figura 14 - Layout inicial do Centro de Maquinagem	31
Figura 15 - Output geral do Centro	32
Figura 16 - Output secção TORN50	32
Figura 17 - Disponibilidade secção TORN50	33
Figura 18 - Output secção FRES50	33
Figura 19 - Output secção FRAM50	34
Figura 20 - Disponibilidade secção FRES50	34
Figura 21 - Disponibilidade secção FRAM50	35
Figura 22 - WIP secção TORN50	35
Figura 23 - Causas e duração de paragens no torno TN15	36
Figura 24 - Causas e duração de paragens no torno TN16	36
Figura 25 - Os três quadros presentes à entrada do Centro de Maquinagem	39
Figura 26 - Mesa e computador do Centro de Maquinagem	40
Figura 27 - Desenho de torno, presente no desenho de produção	42
Figura 28 - Perfil a ser torneado	42
Figura 29 - Estratégias de maquinaria aplicadas, no software de programação de torno	43
Figura 30 - Blank HSK	45
Figura 31 - Todos os tipos de blanks em stock na FMT	45
Figura 32 - Distribuição do stock de blanks HSK pelo grupo FMT, em euros; e em quantidade	46
Figura 33 - Consumo de blanks, de 2015 a 2018	46
Figura 34 - Valor gasto anualmente na compra de blanks HSK, em euros	47
Figura 35 - Gráfico de Gantt para a calendarização do projeto	48

Figura 36 - Representação da proposta do novo processo de conceção de ferramentas	52
Figura 37 - Nova localização do computador no Centro de Maquinagem	55
Figura 38 - Sistema de grampos inicial (à esquerda); sistema de grampos de troca rápida sugerido (à direita)	56
Figura 39 - Tabela de suporte ao planeamento com kanban	59
Figura 40 - Caixa que contém os cartões kanban; exemplo de um cartão verde corretamente preenchido	59
Figura 41 - Folha de turno afixada no torno TN-0016	62
Figura 42 - Quadro de dupla face colocado no interior do Centro de Maquinagem	63
Figura 43 - Quadro de equipa à entrada do Centro	63
Figura 44 - Nível de ocupação dos tornos	70
Figura 45 - Produtividade da secção TORN50	71
Figura 46 - Exemplo de uma ordem de fabrico na FMT	79
Figura 47 - Não-conformidades TORN50 e FRES50	81
Figura 48 - Não-conformidades FRAM50	82
Figura 49 - Exemplo de folha de registo da manutenção autónoma, para o torno TN-0016	87
Figura 50 - Diagrama de Ishikawa para a análise de não-conformidades	88
Figura 51 - 5 Porquês para a análise de não-conformidades	89
Figura 52 - Premissas de fluxo produtivo do Centro de Maquinagem	912
Figura 53 - Exemplo de folha semanal de turno, para o torno TN-0016	95

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Operações no processo de lançamento de follow-ups; percentagem de tempo gasto em cada	28
Tabela 2 - Resumo dos tempos de operação, capacidade e percentagem de tempo produtivo	29
Tabela 3 - Carga produtiva em valor (€) e em quantidade de ferramentas a lançar	30
Tabela 4 - Desperdícios resultantes de uma ineficiente definição de estratégias de torneamento	43
Tabela 5 - Preços de compra atuais para os blanks mais baratos e para os mais caros	49
Tabela 6 - Poupança anual estimada (preço médio blank comprado vs. preço blank fabricado)	49
Tabela 7 - Valores da margem de matéria-prima, calculados através do custo médio de um blank	50
Tabela 8 - Valores da margem de matéria-prima, para o exemplo do blank HSK-A63 Ø63 L250.....	50
Tabela 9 - Resumo dos problemas e ações propostas de melhoria	51
Tabela 10 - Setup de troca de grampos	56
Tabela 11 - Setup de troca de grampos, usando-se o sistema proposto	56
Tabela 12 - Resultados da realocação do computador do Centro de Maquinagem	64
Tabela 13 - Resultados da implementação do sistema de grampos de troca rápida	65
Tabela 14 - Resultados da automatização da operação de preparação de desenhos	65
Tabela 15 – Retorno do investimento para a proposta 1 (a curto prazo)	69
Tabela 16 – Retorno do investimento para a proposta 2 (a longo prazo)	69
Tabela 17 - Ganhos no output da secção TORN50	71
Tabela 18 - Ganhos na produção do Centro de Maquinagem	71
Tabela 19 - Ganhos no output da secção FRES50	72
Tabela 20 - Ganhos na percentagem de ocupação das máquinas da secção FRES50.....	72
Tabela 21 - Ganhos no output da secção FRAM50	72
Tabela 22 - Ganhos na percentagem de ocupação da máquina da secção FRAM50	72
Tabela 23 - Registo de tempos durante sete dias de trabalho, para um desenhador	80
Tabela 24 - Exemplo de checklist de manutenção autónoma, para o torno TN-0016.....	83

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

APM – Aperto Mecânico
CMAQ – Centro de Maquinagem
CNC – Computer Numerical Control
CS – Construção Soldada
CTDT – Centro de corte e afiamento de Diamante
ERP – Enterprise Resource Planning
FMT – Frezite Metal Tooling
FRAM50 – Fresagem de Aperto Mecânico
FRES50 – Fresagem de Aço
HM – Hard Metal
HSK – Hohlschaftkegel (“hollow shank taper”, em inglês)
IMVP – International Motor Vehicle Program
ISO – International Organization for Standardization
JIT – Just-in-Time
LT – Lead Time
MIT – Massachusetts Institute of Technology
NC – Não-conformidade
OEE - Overall Equipment Effectiveness
OF – Ordem de Fabrico
PCD – Polycrystalline Diamond
PPD – Product-Process Development
QR – Quick Response
SMED – Single Minute Exchange of Dies
TORN50 – Torneamento de Aço
TPS – Toyota Production System
UEN – Unidade Estratégica de Negócio
WIP – Work in Progress

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo introduz-se o tema desta dissertação, sendo apresentado o seu enquadramento, os objetivos e resultados esperados principais, bem como a metodologia de investigação seguida e a estrutura do documento.

1.1 Enquadramento

Ao longo do tempo, o aparecimento de cada vez mais concorrentes para um mesmo negócio, aliado ao crescimento económico global, tornou cada vez mais difícil uma empresa destacar-se das restantes. Atualmente a competitividade organizacional é elevada e o desenvolvimento de direções estratégicas para a empresa e que permitam identificar linhas de ação de melhoria de desempenho é muito importante, podendo estas ser agrupadas em fatores de competitividade organizacional, como alianças estratégicas, flexibilidade, inovação, qualidade, tecnologias de informação, entre outras (Roman, Piana, Lozano, de Mello, & Erdmann, 2012).

É como fator de diferenciação da concorrência que a metodologia *lean* se torna popular no mundo ocidental; desenvolvido no Japão pela Toyota, o TPS (*Toyota Production System*) de Eiji Toyoda e Taiichi Ohno permitiu ao país erguer-se após a II Guerra Mundial e ascender economicamente, ajudado também por outras empresas japonesas que na altura copiaram o sistema produtivo da Toyota (Womack, Jones, & Roos, 1990). Após a popularização destes conceitos no ocidente, o conceito de “empresa lean” descrevia assim as empresas que haviam conseguido com sucesso dar o salto da tradicional produção em massa, movendo não só a produção mas toda a cadeia de valor associada em direção à perfeição (Womack & Jones, 2003).

Em Portugal, a implementação da produção *lean* ainda não foi feita por um número apreciável de empresas (Silva, Tantardini, Staudacher, & Salviano, 2010). Deve no entanto ser um objetivo das empresas a melhoria contínua através da redução de desperdícios, sendo importante haver objetivos bem definidos para que através de metodologias *lean* as empresas os possam ver cumpridos com excelentes resultados (Maia, Alves, & Leão, 2012).

Foi deste modo que se iniciou o percurso *lean* da empresa FMT (Frezite Metal Tooling), através da definição do *roadmap* empresarial, implementando-se o *Frezite Production System* (S.

Costa, 2018) que se rege pelos princípios *Lean*, *Total Productive Manufacturing* e *World Class Manufacturing*. O presente projeto de dissertação surge no seguimento deste trabalho iniciado por S. Costa (2018), pretendendo-se com este, através dos princípios *lean* e da melhoria contínua, identificar fontes de desperdício ao longo do processo produtivo de ferramentas de corte em aço e respetiva cadeia de valor, com posterior análise e se possível implementação de soluções.

1.2 Objetivos

Este projeto tem como objetivo principal o desenvolvimento e melhoria de um Centro produtivo e da respetiva cadeia de valor, de modo a melhorar a produtividade geral do processo.

Neste Centro de Maquinagem utilizam-se vários tipos diferentes de barras de metal (aço) como matéria-prima principal na produção de muitos dos produtos finais da empresa. Pretende-se um enfoque nesta matéria-prima, de modo a se poder reestruturar partes da cadeia de valor das ferramentas em aço produzidas na FMT.

Para tal, define-se concretamente como objetivos, a definição das/dos:

- Características técnicas do produto, assim como do mercado;
- Equipamentos e capacidade necessários, incluindo a sua disposição ou layout;
- Sistemas de abastecimento, e de gestão intermédia de materiais;
- Gamas operatórias e criação de instruções de trabalho normalizadas.

Espera-se assim, com a realização deste projeto, a:

- Redução dos custos de subcontratação;
- Redução do Lead Time, garantindo entregas mais rápidas dos produtos finais;
- Otimização do output do Centro de Maquinagem.

1.3 Metodologia de Investigação

Segundo Saunders, Lewis, e Thornhill (2007), algumas das etapas fundamentais na elaboração de uma dissertação são, após a formulação do tópico de investigação, a revisão crítica da literatura, planeamento da investigação em si (incluindo filosofia, abordagens, metodologia),

seguida da recolha e análise de todo o tipo de dados necessários e por fim a escrita da dissertação.

Após ter claramente definido o tópico de investigação, e tendo iniciado, continuamente, o processo de revisão bibliográfica, importa realizar um planeamento detalhado da elaboração da dissertação. Assim, após uma cuidada análise relativa ao tópico de investigação e ao que o envolve, foi considerado que o Pragmatismo seria a filosofia mais indicada a seguir, visto que evita o envolvimento inútil em argumentos relativos à veracidade de conceitos, proporcionando assim foco apenas naquilo que é de valor para o projeto, estudando diferentes formas de o abordar e usar os resultados de modo a produzir consequências positivas e de valor para o projeto (Tashakkori & Teddlie, 1998). Para além disto, a investigação assentará numa abordagem dedutiva, seguindo assim as cinco etapas propostas por Robson (2002), da dedução e expressão da hipótese, ao teste da mesma, com posterior avaliação de resultados e eventual modificação da teoria de acordo com estes.

Relativamente à metodologia de investigação, este projeto reger-se-á pela *Action Research*. Considerou-se esta metodologia como sendo a mais adequada ao projeto em questão, sendo que este contém as características necessárias para seguir os temas mais comuns na literatura, segundo Saunders et al. (2007). Estas características permitem que o projeto se foque na mudança (e não apenas fazer investigação sobre mudança) (Coghlan & Brannick, 2014); seja realizado num ambiente em que haja o envolvimento do investigador com os membros da organização em causa, onde os resultados da investigação provêm desta mesma relação (Eden & Huxham, 1996); siga a espiral de investigação proposta por Saunders et al. (2007), onde é definido o contexto e objetivo claros do projeto, seguido de um diagnóstico e análise do estado atual, que proporcionam por seu turno o planeamento e a efetiva tomada de ação para a mudança, sendo que o último passo consiste na avaliação dos resultados da realização dos passos anteriores. De notar que esta espiral tem um propósito iterativo e cíclico, sendo que novos ciclos deverão ser postos em andamento, sucessivamente, após a realização do primeiro. No entanto, sendo que a presente investigação decorre no âmbito da elaboração de dissertação de mestrado, o tempo disponível é muito limitado, sendo assim pretendida a realização de apenas um ciclo desta espiral.

1.4 Estrutura da Dissertação

A presente dissertação divide-se em sete capítulos, iniciando-se pela introdução e enquadramento do projeto, sendo definidos os objetivos do mesmo e explanada a metodologia de investigação seguida. O segundo capítulo consiste na revisão bibliográfica, sendo apresentadas contribuições resultantes dos principais trabalhos relacionados com os temas investigados.

O capítulo três introduz o grupo Frezite, bem como a sua história, sendo apresentadas as respetivas unidades de negócio. É dado um óbvio destaque à unidade de produção de ferramentas especiais em metal, local de realização do trabalho referente a esta dissertação, sendo apresentado, numa visão geral, o processo produtivo.

O estado atual do processo produtivo é explanado e analisado no capítulo quatro, dando-se especial enfoque às áreas-alvo, aquelas abrangidas e com potencial maior impacto no projeto desenvolvido.

No quinto capítulo são apresentadas as propostas de melhoria desenvolvidas, com o objetivo primário de se combaterem as ineficiências e desperdícios identificados no capítulo anterior. O capítulo seis contempla a informação relativa aos resultados obtidos e/ou esperados da implementação das propostas de melhoria previamente apresentadas.

O último capítulo sumariza as conclusões do projeto, sendo apresentadas de seguida as possibilidades lógicas para uma continuação do trabalho realizado, de modo a ser acrescentado valor de uma forma contínua.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Lean Production

O conceito de produção *Lean* surgiu após um conjunto de estudos no âmbito do IMVP (*International Motor Vehicle Program*) do MIT (*Massachusetts Institute of Technology*), cujo objetivo era ir além da investigação tradicional e ir por todo o mundo e comparar o modo como a indústria automóvel estava a evoluir, tendo este surgido da percepção de que os Americanos e Europeus pouco tinham feito de inovador desde as ideias de produção em massa de Henry Ford, ao passo que as empresas japonesas estavam a ganhar mercado à custa de metodologias de trabalho inovadoras (Womack, Jones, e Roos, 1990). Os responsáveis por estes estudos demonstraram muito interesse na filosofia produtiva da Toyota – o *Toyota Production System* – que observaram de perto, tendo posteriormente publicado o livro “*The Machine That Changed the World*”, que foi um dos principais motores de divulgação no Ocidente das metodologias japonesas. Segundo Womack et al. (1990), os princípios *Lean* podem ser aplicados igualmente em qualquer indústria do mundo e a conversão para uma produção *Lean* iria ter um efeito profundo na sociedade, prometendo mudar verdadeiramente o mundo. O termo “Lean” foi o utilizado por Womack, Jones e Roos para cunhar a metodologia da Toyota de eliminação de desperdícios, devido ao facto de esta permitir fazer mais com menos, eliminando a “gordura” da empresa – o desperdício, tornando-a assim mais magra (do inglês *Lean*) (Womack & Jones, 2003).

Como Womack & Jones (2003) escreveram, existe um antídoto bastante poderoso para o desperdício: o *lean thinking*. Esta filosofia, descrita num livro com o mesmo nome, permite especificar o valor, alinhar todas as ações de valor acrescentado da melhor maneira, executá-las ininterruptamente quando são requeridas, e fazer isso de uma forma gradualmente mais eficiente, em direção à perfeição. Ilustrado na Figura 1 - Princípios “Lean Thinking” (retirado de *Lean Enterprise Institute, n.d.*) estão os princípios do *lean thinking*, que formam um ciclo que se repete continuamente, com o objetivo de inspirar as empresas a tornarem-se *lean* e conseguirem atingir, segundo esta ideologia, os resultados na escala desejada.



Figura 1 - Princípios "Lean Thinking" (retirado de Lean Enterprise Institute, n.d.)

Assim, como descrito por Womack & Jones (2003), estes princípios podem ser definidos do seguinte modo:

1. **Identificar valor** – este é o ponto crítico no pensamento *lean*; o valor tem de ser definido pelo consumidor final. Só faz sentido quando é expresso em termos de um produto ou serviço em específico que vai de encontro às necessidades do consumidor. Neste ponto de partida é extremamente importante que a empresa se coloque na posição do consumidor final, de modo a definir exatamente aquilo em que se deve focar para conseguir oferecer ao cliente aquilo que ele deseja, ou seja, produtos que o cliente veja como sendo “de valor”. Fornecer um produto ou serviço com pouco valor para o cliente é considerado desperdício.
2. **Identificar a cadeia de valor** – a cadeia de valor do produto, isto é, todos os passos dados desde a projeção deste até ser entregue ao cliente, deve ser claramente identificada, e posteriormente os seus passos divididos naqueles que acrescentam valor e aqueles que não acrescentam valor. Feita esta divisão, é fundamental proceder-se à eliminação das etapas que não acrescentam valor ao produto (desperdício), reestruturando-se a cadeia de valor de modo a, idealmente, esta ser constituída apenas por etapas com valor a acrescentar no produto.
3. **Criar Fluxo** – o terceiro passo no pensamento *lean* é a criação de fluxo para as etapas de valor acrescentado que foram reestruturadas no passo anterior. Consiste em redefinir o trabalho de departamentos, pessoas, e o que seja mais necessário, de modo a atingir o objetivo de a produção ser feita de uma forma contínua, isto é, não

enfrentando esperas ou obstáculos. O desafio está em conseguir-se sair do pensamento “óbvio”, ao que os humanos estão habituados, de se processar os produtos em lotes, funções e departamentos; a alternativa, que criará ultimamente um verdadeiro fluxo, requer um processamento sequencial do trabalho (*one-piece-flow*) e por conseguinte a realização de trocas rápidas de ferramentas, necessárias para o atingir.

4. **Estabelecer produção puxada** – a chamada produção “pull”, ou puxada, consiste em deixar que seja o cliente a despoletar a produção de um produto, em oposição à produção “push”, ou empurrada, onde se produz o máximo possível para armazenamento, mesmo que a procura não esteja a acompanhar a oferta. Deste modo, não há desperdício gerado pela produção excessiva de produtos, parados por falta de procura. Conseguir estabelecer uma produção *pull* traz também o benefício posterior de os clientes se habituarem à previsibilidade das entregas após terem feito a encomenda, o que gera uma procura muito mais estável.
5. **Procurar a perfeição** – o último passo consiste em criar uma cultura de procura contínua pela perfeição, na tentativa de eliminar todo o desperdício e através de melhorias consecutivas, ser uma organização melhor a cada dia que passa. É importante os passos anteriores terem sido implementados com sucesso, para que todos os trabalhadores da empresa percebam e conheçam não só as suas funções diretas, mas também o processo completo, sendo assim possível envolver todos neste, criando-se uma procura automática pelo bem comum da organização.

2.2 Toyota Production System

O TPS tem como grande objetivo a eliminação dos diferentes tipos de desperdícios numa empresa, através de atividades de melhoria. Para alcançar a redução de custos desejada, uma empresa tem de se adaptar rápida e agilmente às mudanças de procura no mercado, utilizando um conjunto de ideais desenvolvidos e aperfeiçoados ao longo da história da Toyota (Monden, 1998). Segundo o mesmo autor, as ideias basilares que integram o TPS terão surgido após a 2ª Guerra Mundial, altura em que a indústria automóvel japonesa se encontrava numa situação bastante delicada, sendo a procura por automóveis muito variada e em quantidades muito baixas, exatamente ao contrário do que a produção em massa popularizada até então por Ford permitia fabricar a um baixo custo. Ideias como a troca rápida de ferramentas

(SMED), nivelamento da produção, reestruturação da cadeia de abastecimento da empresa com os seus fornecedores, que se deveram em grande parte a Taiichi Ohno, engenheiro da *Toyota Motor Corporation*, considerado por muitos como o pai do TPS, permitiram à Toyota destacar-se na indústria automóvel a nível global, com o seu sistema em tudo diferente ao anterior de Ford, permitindo fabricar baixas quantidades de cada modelo, mesmo com uma grande variedade (Womack et al., 1990).

2.2.1 Casa do TPS

Um dos discípulos de Ohno, Fujio Cho, desenvolveu um esquema visual com o formato de uma casa para representar o sistema de produção da Toyota, devido ao facto de este ser uma filosofia e não apenas um conjunto de técnicas ou ferramentas a aplicar (Liker, 2004). Segundo este mesmo autor, a casa representa um sistema estrutural, sendo que a casa só é robusta caso o seu telhado, pilares e fundações também o sejam – a existência de um elo mais fraco enfraquece o sistema inteiro. Como ilustrado na Figura 2, o telhado, que se mantém apenas caso os pilares estejam bem fixos, representa os objetivos do TPS: melhor qualidade, custo reduzido, tempo de entrega reduzido, melhor segurança e alta moral, alcançados através da eliminação do desperdício. Na base da casa encontram-se o *heijunka* ou nivelamento da produção, processos estáveis e normalizados, gestão visual, e a filosofia *Toyota Way*, um conjunto de princípios que formam a base da abordagem da Toyota à gestão e produção (Liker, 2004).



Figura 2 - Casa do TPS (retirado de Liker, 2004)

2.2.2 Desperdício

O TPS tem como objetivo obter lucro através da redução de custos e melhoria da produtividade, possíveis de alcançar pela eliminação de desperdícios (Monden, 1998). No entanto, o que é “desperdício”, para a Toyota? *Muda*, termo japonês que significa “desperdício” foi usado por Taiichi Ohno para identificar os sete principais *muda*, ou seja, “qualquer atividade humana que absorve recursos mas não cria valor” - Womack e Jones (2003). Estes sete principais tipos de desperdícios apontados por Ohno (1988) são:

1. **Sobreprodução** – produzir mais quantidade do que é necessária, ou antes do tempo, ou seja, mais do que o mercado pede.
2. **Esperas** – tempo perdido à espera do fim de uma tarefa antecedente, material em falta, máquina em funcionamento.
3. **Transportes** – todo o transporte de matérias e produtos de um lugar para outro.
4. **Sobreprocessamento** – incluir, na conceção de produtos, operações e/ou características do produto em si que não são consideradas como sendo de valor, pelo cliente, acrescentando assim custos desnecessários à produção.
5. **Inventário** – todos os materiais, produtos intermédios e produtos finais que se encontrem parados, à espera de serem utilizados. Representam capital parado, impedindo uma maior disponibilidade financeira na empresa.
6. **Movimentos** – todos os movimentos desnecessários que são feitos ao longo do processo produtivo.
7. **Defeitos** – fabricar produtos defeituosos, não conseguindo assim fazer bem à primeira, o que por sua vez dá lugar a retrabalho.

Smith (2014) explana também as duas outras categorias de desperdícios que Ohno terá identificado na Toyota: *mura* e *muri*. Juntamente com o *muda*, formam as três categorias de desperdícios. *Mura*, significando inconsistência ou variabilidade, representa o desperdício causado pelas variações de carga de trabalho ao longo do tempo, que por sua vez geram mais *muda*. Para combater *mura*, deve-se fazer o nivelamento da produção ao longo do tempo – *heijunka*. *Muri* significa sobrecarga, referindo-se neste contexto ao facto de os recursos de produção estarem sobrecarregados. Neste caso, a uniformização e otimização de processos ajudará a estabilizar os processos.

2.2.3 Jidoka

O *jidoka* é um dos pilares do TPS e engloba um conjunto de ideais cujo objetivo é dotar o sistema produtivo de uma certa autonomia para reagir em caso de problemas (Baudin, 2007), como representado na Figura 3. Este sistema tornou-se basilar muito devido ao tear inventado por Sakichi Toyoda, fundador do grupo Toyota, que detetava automaticamente quando um fio se partia e parava o processo, impedindo a produção de tecido com má qualidade (R. M. Becker, 1998). Associado a isto estão os sistemas com *poka-yoke* (prevenção de defeitos), que têm como objetivo criar sempre que possível métodos à prova de erros, para que não seja sequer possível cometer a falha, devido ao modo como é desenhado o sistema (Hirano, 1988).



Figura 3 - Jidoka (retirado de Hirano, 1988)

2.2.4 Just-in-time

O conceito de JIT (*just-in-time*) refere-se a sistemas produtivos em que apenas são produzidos os produtos necessários, nas quantidades necessárias e quando necessário (Monden, 1998). Sendo um dos pilares do TPS, o JIT engloba uma série de requisitos que, quando cumpridos, permitem à organização atingir um nível elevado da satisfação do cliente. O *just-in-time* deve ser visto como um meio de se alcançar o verdadeiro objetivo do TPS – a eliminação de desperdício (Ghinato, 2010) através de uma produção nivelada, sequencial e contínua, de modo a produzir-se apenas aquilo que interessa para o cliente.

2.3 Lean PPD (Product-Process Development) System

Como descrito por Ward e Sobek (2014), relativamente ao modo como é feito o desenvolvimento de produtos na Toyota:

- Um entendimento claro de “valor” no desenvolvimento de produtos, empregue em forma de conhecimento útil, e um foco constante em criá-lo.
- Líderes dos projetos a agirem como empreendedores e desenhadores de sistemas – e não como gestores burocráticos.
- Um sistema de gestão de projetos simples, baseado nos princípios de ritmo (produtivo), (produção) puxada e fluxo.
- Um equipa de especialistas responsáveis por tomar a iniciativa, aprender, ensinar, negociar e criar.
- Todas estas características juntas e aplicadas de forma através de um sistema operacional fluido.

Estas são as características visíveis de um sistema aparentemente complexo mas simples na sua essência que é utilizado pela Toyota e permitiu à empresa destacar-se desde muito cedo dos competidores apresentando um salto dramático na produtividade, qualidade de produtos e capacidade de resposta às mudanças de procura do consumidor (Womack et al., 1990).

O importante no Sistema PPD da Toyota é que é um modelo de sistemas, sendo que este funciona bem na empresa devido a todas as peças encaixarem umas nas outras e se suportarem mutuamente; tirando uma das peças fora o sistema colapsa (Liker & Morgan, 2006). Estes mesmos autores desenvolveram um conjunto de 13 princípios que podem ser considerados como sendo os fundamentos do *lean* PPD, estando organizados em três categorias, podendo ser aplicados nas indústrias de manufatura, mas também nas de serviços:

- Processo
 1. Definir “valor” para o cliente, para separar valor acrescentado do desperdício.
 2. Foco extra no início do processo de desenvolvimento do produto, sendo possível explorar soluções alternativas enquanto houver liberdade máxima de *design*, antecipando-se assim potenciais problemas e reduzindo os custos de alterações ao máximo.

3. Criar um fluxo nivelado do processo de desenvolvimento de produtos, começando-se por estabilizar o processo para que este possa ser previsível e planeado.
 4. Normalização rigorosa do processo e produto de modo a reduzir variação e criar flexibilidade e resultados previsíveis – princípio-base da melhoria contínua.
- Pessoas
 5. Designar um responsável para integrar o desenvolvimento do início ao fim, que tem autoridade final e responsabilidade por todo o processo.
 6. Organizar as pessoas de modo a equilibrar a integração de especialização e polivalência funcionais, criando-se assim o equilíbrio pretendido na organização.
 7. Desenvolver, em todos os engenheiros, competências técnicas especializadas no produto e no processo que devem advir da experiência direta no *genba* (local onde o valor é criado; chão de fábrica), seguindo-se o princípio *genchi genbutsu* (ir ao local e ver em primeira pessoa).
 8. Integrar os fornecedores no desenvolvimento dos produtos, beneficiando-se do seu conhecimento, sendo assim possível alinhar o processo com as capacidades destes.
 9. Fomentar a aprendizagem organizacional como condição necessária para a melhoria contínua.
 10. Construir uma cultura organizacional para apoiar a excelência e a melhoria inextinguível.
 - Ferramentas
 11. Adaptar a tecnologia às pessoas e ao processo, sendo subordinada destes (e não o contrário!).
 12. Utilizar comunicação simples e visual para alinhar a Organização inteira, estendendo-se os objetivos a todos os níveis da hierarquia e fomentando a resolução de problemas conjunta.
 13. Utilizar ferramentas poderosas, mas simples, que possibilitem a padronização que é necessária para a aprendizagem organizacional.

Como sumarizado na Figura 4, os princípios *Lean PPD* aplicados na Toyota têm sempre como ponto de partida o cliente, esperando-se a estabilidade e poder da Organização e seus colaboradores, com a aplicação destes.

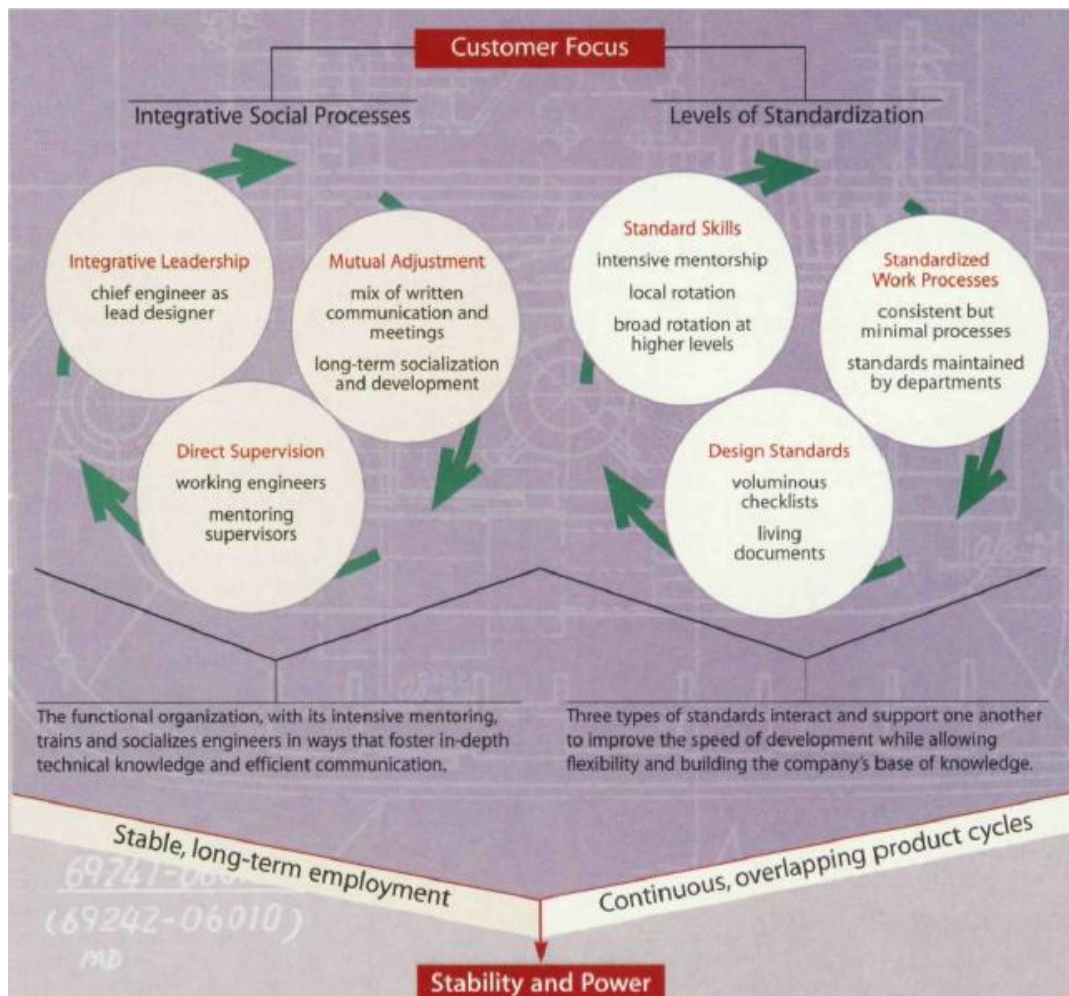


Figura 4 - Mecanismos de comunicação PPD na Toyota (retirado de Sobek, Ward, e Liker (1998))

Alguns autores consideram não haver evidência suficiente do sucesso da aplicação deste sistema fora da Toyota (Khan et al., 2013); no entanto, Alam et al. (2013) obtiveram resultados de melhoria relativamente ao custo do produto e estimativa de valores associada, tomada de decisão, eliminação de erros e tempo de resposta a pedidos de cotação, com o sistema de modelação de custos desenvolvido.

2.4 Exemplos de Ferramentas *Lean*

Nesta secção apresentam-se algumas das ferramentas utilizadas na metodologia *lean*, particularmente as mais relevantes no contexto da presente dissertação.

2.4.1 5S

A técnica dos 5S é uma das práticas *lean* mais divulgadas, tendo já muitas empresas procedido à sua implementação. Melton (2005) inclui esta técnica no seu “kit de ferramentas lean”, referindo-se à mesma como uma técnica visual que visa tornar o local de trabalho organizado, podendo ser utilizada para quebrar as barreiras iniciais ao *lean* e fazer com que equipas se tornem mais conscientes dos locais onde trabalham diariamente, cuidando-os quase como se seus se tratassem. Os 5S correspondem a cinco princípios com origem no Japão, cuja romanização de caracteres produz cinco palavras que se iniciam pela letra “S”. Esses princípios estão representados na Figura 5 e são os seguintes (J. E. Becker, 2001):

1. **Seiri (separar)** – avaliar o local de trabalho, separar e descartar as coisas desnecessárias.
2. **Seiton (organizar)** – desenvolver técnicas de controlo de modo a organizar os materiais e utensílios necessários (p.e. etiquetagem, quadros-sombra, checklist).
3. **Seiso (limpar)** – definição de rotinas de limpeza e inspeção diárias, de modo a ter o local, ferramentas e máquinas constantemente limpas.
4. **Seiketsu (normalizar)** – garantir que os três primeiros “S” estão a ser cumpridos, avaliando a sua efetividade e normalizando procedimentos, bem como refazendo estes, em caso de necessidade demonstrada pela prática.
5. **Shitsuke (sustentar)** – criar autodisciplina em cada trabalhador, de modo a que se mantenham as rotinas criadas.

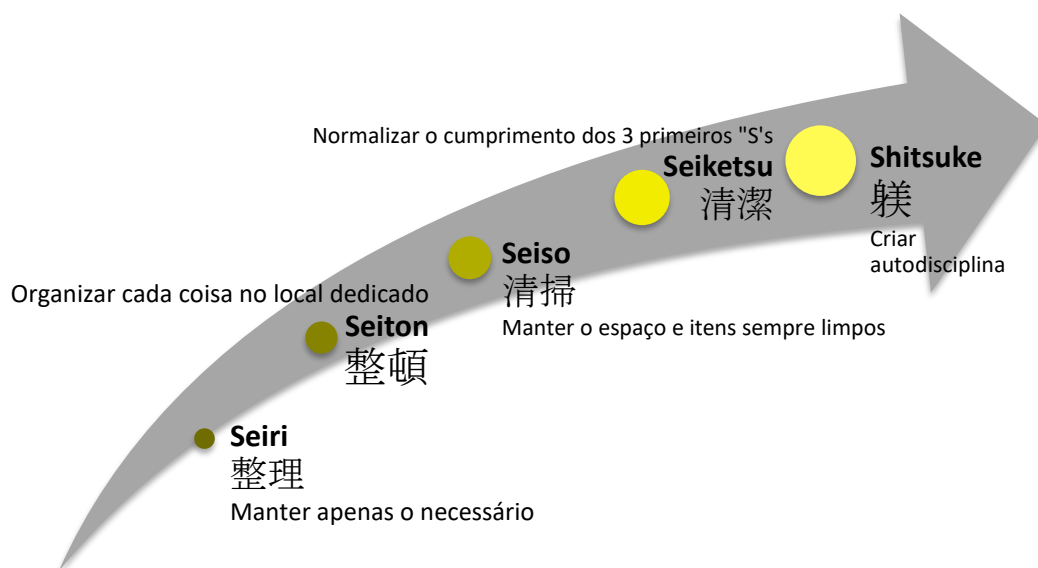


Figura 5 - Técnica dos 5S

2.4.2 SMED (*Single Minute Exchange of Dies*)

Muitos gestores consideram um dos seus maiores desafios produtivos gerir uma produção muito diversificada mas com poucas unidades de cada tipo (Shingo, 1985). Isto deve-se ao facto de o mundo industrial estar acostumado ao tipo de produção popularizado por Henry Ford, que ensinou que produzir o máximo de unidades possível, com o mínimo de diversificação seria o caminho a seguir e que assim se maximizaria o lucro – “*you can chose any color as long as it is black*”. Assim, antes do surgimento das filosofias popularizadas pelo TPS, havia pouca preocupação das empresas com a diversificação da opção que ofereciam ao cliente, interessando apenas produzir o máximo ao custo mínimo. Até que a Toyota introduziu as suas ideologias totalmente opostas a estas, e através da produção de lotes pequenos, demonstrou que era possível reduzir LTs (*Lead Times*) ao mesmo tempo que a empresa se consegue adaptar às necessidades do cliente e produzir uma grande diversidade de produtos sem comprometer o fator monetário (Monden, 1998). Para uma produção *lean* funcionar com sucesso é necessário processar-se lotes pequenos, tendo-se ao mesmo tempo elevada variabilidade de produtos; assim, um novo método de redução dos tempos de *setups* tinha de ser desenvolvido (Cakmakci, 2009). Foi exatamente isso que Shigeo Shingo fez, aquando do lançamento do seu mais conhecido livro “A revolution in manufacturing: the SMED System” (Shingo, 1985). Neste livro, Shingo apresenta um conjunto de técnicas que possibilitam reduzir o tempo de troca de ferramentas para menos de dez minutos – daí o significado do acrónimo “SMED”, não sendo o objetivo unicamente reduzir o tempo de troca para um minuto, mas para um valor com apenas um dígito. Estas técnicas podem ser aplicadas amplamente na indústria, beneficiando especialmente as máquinas que têm tempos elevados de trocas de ferramentas e/ou realizam grande número de trocas por dia., tal como demonstrado por Costa, Sousa, Bragança, & Alves (2013), que alcançaram uma redução de 67% no tempo de um *setup* de uma prensa, com ganhos estimados anuais de mais de 1600€, devido à utilização destas técnicas .

Como descrito por Shingo (1989) e ilustrado na Figura 6, a técnica SMED deve seguir uma abordagem progressiva, melhorando-se os *setups* ao longo das três etapas indicadas:

1. **Separar as operações** do *setup* nas internas – as que são executadas quando a máquina está parada; e nas externas – as que são executadas paralelamente, quando a máquina se encontra em funcionamento.

2. **Converter *setup* interno em externo**, na tentativa de se ter o máximo de operações executadas enquanto a máquina está em funcionamento.
3. **Examinar os dois tipos de *setups*** e procurar melhorias adicionais, como por exemplo eliminar ajustes manuais, facilitar o acesso a ferramentas e peças de substituição.

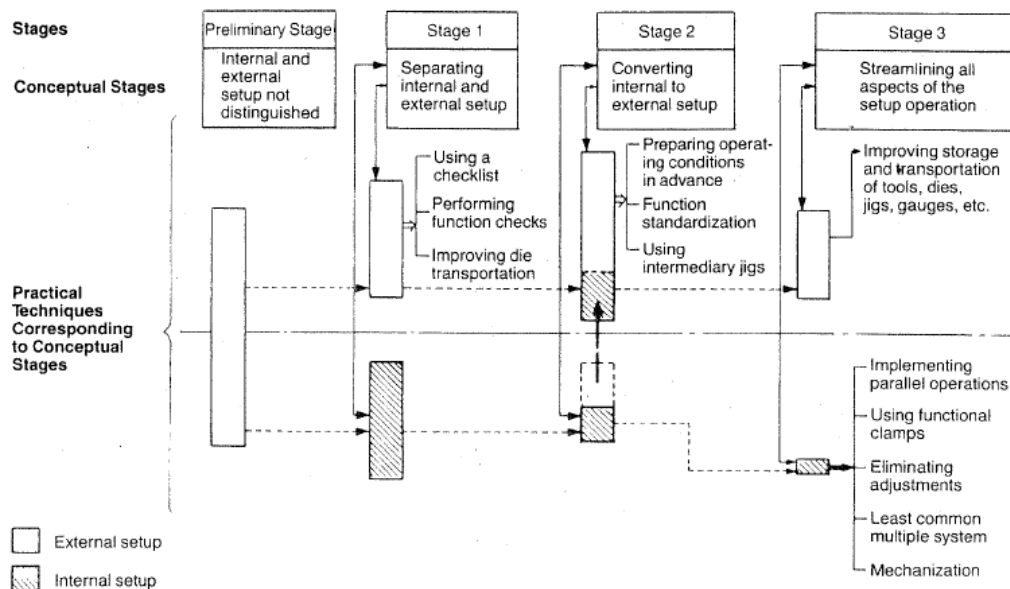


Figura 6 - Etapas do SMED (retirado de Shingo (1989))

McIntosh, Culley, Mileham, e Owen (2000) sublinham também a importância das alterações de *design* no processo de redução de tempos de *setup*. Segundo estes mesmos autores, melhorias que alterem fundamentalmente a natureza das operações de troca de ferramentas podem ser de igual ou até maior significância, especialmente em casos que incluam operações de ajustes longas e/ou que requerem mais habilidade que o normal.

Sugai, McIntosh, & Novaski (2007) referem também outros pontos relevantes que não foram considerados por Shingo no seu trabalho, relativamente às trocas de ferramentas e preparações de trabalho, mas que também influenciam o resultado final. Segundo estes autores, a definição da sequência de lotes a ser processada, a definição de um método de modo a manter-se as reduções de tempos de *setup* obtidas por um longo período de tempo, e as perdas de produção que ocorrem antes e depois de um *setup*, devido aos períodos de desaceleração e aceleração, nomeadamente, são outros fatores influenciadores. Acerca do último ponto referido, McIntosh, Culley, Mileham, & Owen (2001) e Higgins (2001) mencionam inclusive que a recuperação do ritmo produtivo não é completamente feita nem mesmo após a produção da primeira peça conforme do lote seguinte, sendo que em alguns tipos de indústrias isto é mais notório.

2.4.3 Kanban

Se os dois grandes pilares do TPS são o JIT e a *autonomation*, o sistema *kanban* é o utilizado para fazer o trabalho fluir, uma ideia que Taiichi Ohno teve quando observou o modo como funcionavam os supermercados americanos, implementados no Japão após a II Guerra Mundial; segundo Ohno (1988), um supermercado é um local onde o cliente pode obter aquilo que necessita, na altura desejada e na quantidade pretendida. Assim, transpondo este sistema para a Toyota, teve a ideia de ver o processo antecedente como uma loja. Assim, cada processo vai ao processo anterior (o cliente vai ao supermercado) buscar apenas as peças/componentes que necessita, apenas na altura exata em que necessita delas. Daqui resultou o sistema *kanban*, palavra japonesa para “sinal”, que consiste em cartões que funcionam como sinal e que contêm toda a informação necessária para a produção de determinado produto em cada etapa e os detalhes do percurso que deve seguir até ao final (Kumar & Panneerselvam, 2007).

Na Figura 7 está representado um exemplo de um cartão *kanban* utilizado pela Toyota.



Figura 7 - Cartão *kanban* da Toyota (retirado de Roser (2017))

No cartão constam informações que fazem parte de um dos cinco grupos de informação diferentes, relativamente (Roser, 2017):

- Ao produto em causa – o número de código, nome, unidades, referência e modelo;
- À origem – nome do fornecedor e código interno;
- Ao destino – nome e localização da fábrica de destino, bem como a rota a seguir;
- Ao próprio *kanban* – quantidade, nº de série, nº de encomenda, data e hora do cartão;
- A informação adicional – o código QR (*Quick Response*), código de barras, nome da zona, número interno e código suplementar, usados internamente na Toyota.

Os sistemas *kanban* têm várias vantagens, como possibilitar a redução do tempo de ciclo e consequentemente aumento da produtividade (Sarker & Balan, 1998); apresentam uma melhor relação *throughput*-inventário que os sistemas lineares tradicionais (Mitra & Mitrani, 1990). No entanto, é importante que aquando da implementação de um sistema deste tipo, se compreenda a filosofia original de produção “puxada”, bem como conceitos de nivelamento da produção, melhoria contínua, gestão visual, entre outros (Kouri, Salmimaa, & Vilpola, n.d.).

2.4.4 Gestão Visual

As ferramentas e técnicas de gestão visual podem ser definidas como as que são aplicadas com o objetivo de fornecer informação quando é necessário, de simples e fácil reconhecimento por qualquer um, criando-se assim transparência pois todos estão a trabalhar com a mesma informação (Maskell & Kennedy, 2007). Representam ajudas visuais que permitem tornar as anomalias visíveis, estabilizar e melhorar processos, bem como manter as pessoas em contacto com a realidade do estado do local de trabalho (Imai, 1997). Segundo Galsworth (1997), as ferramentas visuais podem ser divididas em quatro categorias, de acordo com o grau de controlo exercido por cada:

- Indicadores visuais – a informação é apenas apresentada; agir de acordo com esta é, no entanto, um ato voluntário. Ex.: quadro com avisos de segurança.
- Sinais visuais – técnica que primeiro chama a atenção e depois entrega a sua mensagem. Ex.: luzes de indicação do estado de funcionamento das máquinas (*andon*).
- Controlo visual – tentativa de influenciar o comportamento através da estruturação da mensagem a passar no ambiente físico, colocando limites no espaço. Ex.: lombas na estrada (evitar o excesso de velocidade).
- Garantia visual – também conhecidos como dispositivos *poka-yoke*, limitam o funcionamento de modo a garantir que apenas a coisa certa acontecerá, não permitindo assim o erro. Ex.: encaixes de peças personalizados (permitindo o encaixe apenas da peça correta desejada).

3. A EMPRESA

O Grupo Frezite foi fundado em 1978, tendo surgido inicialmente com a constituição da empresa Frezite – Ferramentas para Madeira, Lda. Foi na cidade da Trofa que nasceu, sendo aqui que está situada ainda hoje a sede do grupo. O grupo tem como missão “ser uma organização reconhecida pela sua eficiência na criação e manutenção de valor” (Frezite Ferramentas de Corte S.A., 2019) , através da inovação e criatividade.

Ao longo dos últimos 41 anos o grupo foi-se expandindo gradualmente quer a nível nacional, quer internacional, dividindo-se atualmente em cinco principais unidades de negócio em Portugal (Figura 8) e com presença industrial em mais dez países, como por exemplo Alemanha, Brasil, Turquia e México.



Figura 8 – UEN (Unidades estratégicas de Negócio) do Grupo Frezite

3.1 FMT: Ferramentas Metal

O projeto apresentado na presente dissertação foi desenvolvido na FMT, unidade de produção de ferramentas especiais para maquinaria de metais. A marca FMT – Frezite Metal Tooling foi criada em 2006, tendo as suas instalações inauguradas na Trofa junto à sede da empresa no mesmo ano. Ao longo dos anos foi-se expandindo pelo mundo e atualmente conta com filiais na Alemanha, Polónia, República Checa, Brasil e México.

A divisão Metal sempre se dedicou à produção de ferramentas de alta precisão, destacando-se da concorrência pelo elevado nível de customização que permite da parte do cliente. Foca-se primariamente na produção para clientes das indústrias automóvel e aeroespacial, que têm um elevado grau de exigência ao nível da Qualidade e de requisitos obrigatórios nos produtos. Assim, a missão principal da FMT é a de servir os seus clientes, analisando as suas necessidades produtivas, sugerindo e projetando soluções à sua medida, de modo a conseguir entregar produtos talhados exatamente àquilo que o cliente necessita.

3.1.1 Famílias de ferramentas

Na FMT, os produtos são divididos entre grupos, ou “famílias de ferramentas”, de acordo com as suas características, como por exemplo o material de construção, aplicação, ou tipo de ferramenta. De uma forma muito simplificada, pode-se resumir a seleção dos produtos principais da FMT nas cinco famílias representadas na Figura 9.

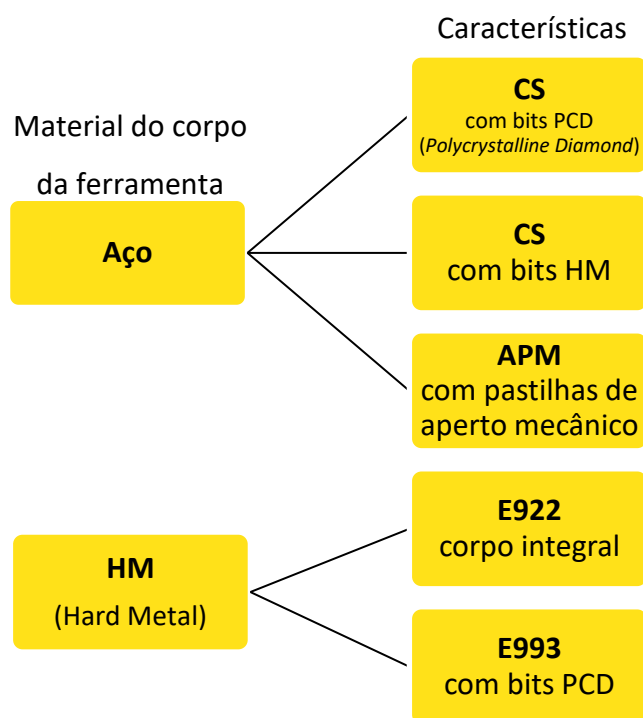


Figura 9 - Principais famílias de produtos da FMT

Assim, relativamente ao material que compõe o corpo da ferramenta, este pode ser aço ou então HM (*Hard Metal*); depois, de acordo com as características mais específicas das ferramentas, estas podem-se subdividir nas famílias listadas na figura: CS (Construção Soldada), APM (Aperto Mecânico), E992, E993.

3.1.2 Fluxo produtivo

Na FMT, as secções estão organizadas pelo tipo de material que é trabalhado, como numa oficina produtiva. De um modo geral, há três grandes secções na fábrica: o CMAQ (Centro de Maquinagem), que apenas trabalha os aços; os centros HM que trabalham o “metal duro”; e os centros de Diamante, que trabalham o PCD que é soldado em algumas ferramentas. Assim, o fluxo que determinada ferramenta seguirá ao longo do seu processo produtivo varia muito

de acordo com a família a que pertence, não sendo incomum haver múltiplas entradas e saídas do mesmo centro produtivo, para a mesma ferramenta.

A organização do fluxo é feita através de caixas plásticas de quatro cores distintas, como ilustrado na Figura 10. Cada cor de caixa representa um tipo de ferramentas a ser produzida, podendo conter apenas uma, ou mais, dependendo do número encomendado pelo cliente. As caixas são associadas à encomenda logo no início do processo e acompanham a produção do início ao fim. As cores das caixas indicam o tipo de trabalho:

- Caixas cinza: ferramentas novas.
- Caixas pretas: serviço de afiamento de ferramentas.
- Caixas azuis: serviço de reparação de ferramentas.
- Caixas vermelhas: reclamações de clientes.

Deste modo a identificação do tipo de trabalho a realizar é imediata, devido à gestão visual.

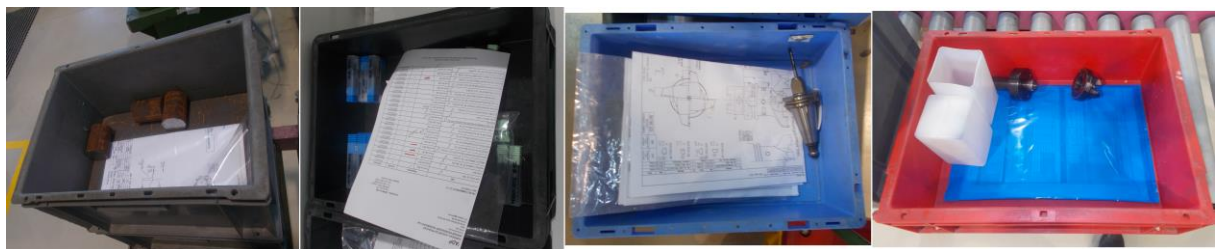


Figura 10 - Exemplos de caixas utilizadas na produção

O conteúdo geral de cada caixa é sempre o mesmo, sendo que para a esta avançar ao longo do processo produtivo tem de conter todos os documentos e materiais necessários ao fabrico da(s) ferramenta(s), como as barras do metal a trabalhar, OF (ordem de fabrico), checklist de processo e desenhos técnicos da ferramenta.

4. ANÁLISE DO ESTADO ATUAL

O capítulo que se segue tem-se como objetivo descrever o estado inicial de processos, ferramentas, fluxos e métodos existentes e já postos em prática na FMT, tendo-se como foco especial aqueles que têm maior relevo para a elaboração desta dissertação. Assim, pretende-se dar a conhecer o *status quo* das etapas, desde o projeto até à produção de ferramentas em aço, para que no capítulo seguinte se proceda à apresentação de propostas de melhoria de todo o sistema.

4.1 Fluxo produtivo – visão geral

Encontra-se representada na Figura 11 o fluxo produtivo para a produção de ferramentas de corte que têm o aço como seu principal constituinte.

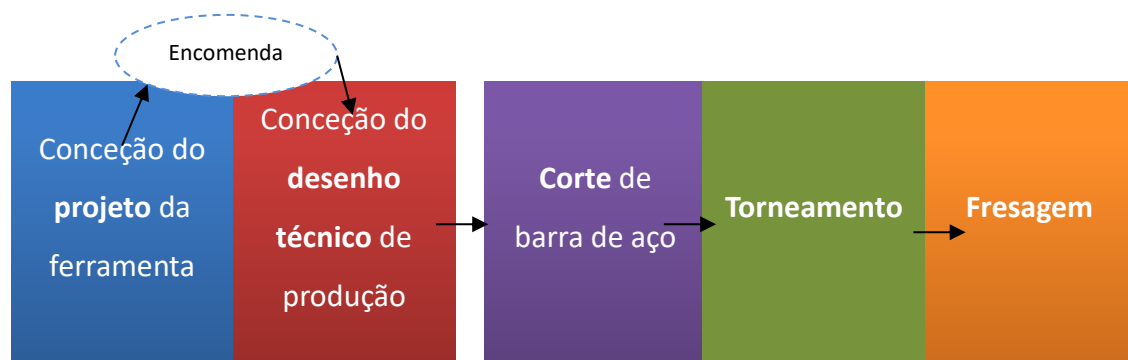


Figura 11 - Atividades principais do fluxo produtivo para a produção de ferramentas de aço

Inicialmente, o processo inicia-se com uma abordagem que o cliente faz à FMT: necessita de uma ferramenta de corte - existem duas possibilidades a partir deste ponto: o cliente escolhe uma ferramenta que já foi produzida anteriormente, e neste caso o projeto e desenho técnico de fabrico já existem em arquivo, bastando assim proceder-se à produção da ferramenta; ou então o cliente manifesta o desejo de adquirir uma ferramenta nova, indicando à FMT o material que deseja maquinar, bem como as geometrias desejadas. É feito um projeto para a ferramenta em causa, que é apresentado ao cliente; caso o cliente autorize, é feita uma encomenda, que despoletará o processo representado na figura.

Assim, é possível dividir o fluxo descrito em duas fases: a conceção da ferramenta, composta pelas duas primeiras atividades – conceção do projeto e do desenho técnico da ferramenta; e a produção da ferramenta, que se inicia a partir do momento em que o desenho técnico da ferramenta é lançado em produção. No subcapítulo seguinte apresentar-se-á mais

detalhadamente cada uma destas fases para melhor percepção acerca do modo como se procede em cada uma delas.

4.2 Conceção de ferramentas

Na FMT, a conceção de ferramentas pode ser dividida em dois processos principais, sendo cada um está bem definido no seu próprio departamento.

4.2.1 Projeto

Na indústria das ferramentas especiais, o primeiro processo a executar é a criação do projeto de uma ferramenta. É deste modo que a empresa consegue oferecer maior valor ao cliente, possibilitando que este decida exatamente que tipo de ferramenta necessita, sendo projetada especificamente uma solução à medida do cliente, indo assim exatamente ao encontro daquilo que este necessita.

Na FMT, os projetos de ferramentas são concebidos no Departamento do Projeto, que tem como função desenhar uma ferramenta de corte que corresponda às necessidades de cada cliente. Após a indicação por parte do cliente de que necessita de uma ferramenta para determinado fim, é feito o desenho da ferramenta que se adequará a esse fim, sendo de seguida apresentado ao cliente. Discutem-se pormenores no projeto concebido, tais como as tolerâncias geométricas a serem cumpridas, número de peças que a ferramenta deverá ser capaz de maquinar antes de ser necessário ser substituída, e o preço de compra (intermediado pelos Vendedores/Comerciais). Caso não seja possível chegar a um acordo, o cliente não faz encomenda e o processo termina nesse ponto. Caso se chegue a um acordo, é criada uma ordem de encomenda para determinada ferramenta, estando nesta definida a informação relativa à quantidade de ferramentas a serem produzidas e o prazo de entrega prometido ao cliente. – Anexo I – Exemplo de uma Ordem de Fabrico.

Deste modo, os principais *inputs* deste processo são aqueles que vêm do cliente, sendo que o sucesso do processo em si depende bastante da experiência de cada “projetista” nesta indústria. Uma ferramenta projetada corretamente é fruto da experiência e aprendizagem contínuas ao longo dos anos de trabalho da empresa, sendo que aqui reside um importante ponto de diferenciação entre empresas concorrentes; existem documentos técnicos para as diversas características das ferramentas, devendo estes ser cumpridos no projeto de

ferramentas. Estes documentos são também resultado da experiência de muitos anos, muitas vezes tendo sido obtidos por “tentativa e erro” consecutivos, até se ter chegado aos valores e regras definidos.

4.2.2 Desenho e Programação

O departamento do Desenho tem os desenhadores organizados principalmente pelos diferentes tipos de famílias de ferramentas. Há no total cinco desenhadores: um dedicado às famílias de APM, outro à família de CS em Aço, outro à família de CS em metal duro, outro à família das E922 e lançamentos de ordens de produção para ferramentas já com desenho existente, e outro desenhador dedicado às Reparações e Afiamentos de ferramentas. Existe também um outro desenhador, o capitão da equipa, responsável maioritariamente pela coordenação e planeamento/sequenciamento das atividades do departamento, bem como pelas reclamações de clientes.

Para além dos desenhadores, no departamento trabalham também dois programadores. Um deles faz parte da equipa de Diamante e é o responsável pela criação e gestão de programas a usar nas máquinas da secção de corte de PCD. O outro programador faz parte da equipa dos Centros de Maquinagem, sendo responsável por fazer os programas de fresagem, que serão executados posteriormente nas máquinas fresadoras.

O principal *input* no processo é o projeto da ferramenta, que vem do departamento do Projeto. No caso das reclamações e reparações, as caixas, que contêm as ferramentas e respetivos desenhos, são colocadas num *buffer* de entrada após terem sido avaliadas previamente as ferramentas e qual a solução a adotar para cada caso. No caso das novas ferramentas, as que são aprovadas pelo cliente têm o seu processo colocado no final do dia num *buffer* de entrada na sala do Desenho. No início do dia seguinte estes são organizados por família e colocados no *buffer* alocados a cada desenhador, pelo capitão de equipa. É feita a organização e sequenciação dos desenhos a fazer, sendo o principal *output* do departamento o desenho técnico detalhado para a produção usar como guia, bem como os programas para as máquinas do CMAQ e para o CTDT (Centro de corte e afiamento de Diamante). Este departamento tem um *Lead Time* elevado (3 dias em média), sendo assim importante estudar e tomar medidas para reduzir este tempo.

Os procedimentos realizados atualmente para cada tipo de pedido do cliente estão representados na Figura 12 e são os seguintes:

- a) **Reparações:** Avaliar a viabilidade da reparação e definir ações corretivas a tomar.
- a) Ferramentas FMT – chamadas *follow-up*, devido a não ser necessário fazer desenho novo, normalmente apenas encomendar pastilhas no ERP (Enterprise Resource Planning), por exemplo.
- b) Ferramentas fabricadas por outrem – processo mais demorado, sendo necessário muitas das vezes fazer-se medições às ferramentas e elaborar o respetivo desenho técnico.
- b) **Reclamações:** o cliente envia a ferramenta reclamada e esta é analisada, são definidas ações de correção, efetuadas as alterações necessárias ao projeto/desenho da ferramenta e corrigida a ferramenta na produção.
- c) **Ferramentas novas:** o cliente faz um pedido de nova ferramenta, o Projeto elabora uma proposta que envia ao cliente e quando este aceitar, o Desenho elabora o desenho de produção a partir da proposta aceite pelo cliente (e também o programa de maquinagem, quando necessário) e de seguida este avança para produção.

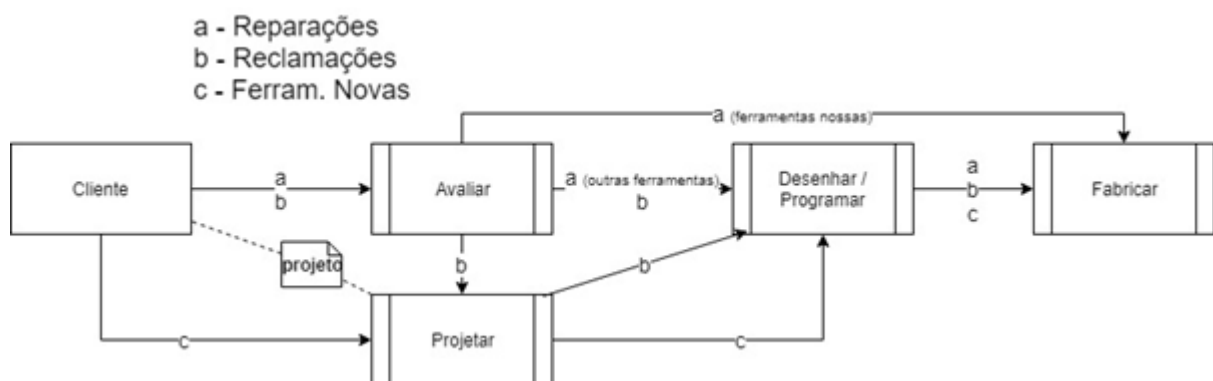


Figura 12 - Procedimentos realizados para cada tipo de pedido do cliente

4.2.3 Desperdícios

Foram identificados os seguintes desperdícios no departamento:

- **Movimentações** – muitas viagens realizadas entre os departamentos: Desenho-Projeto-Qualidade-BackOffice-Produção, para pedir esclarecimentos, corrigir aspetos do desenho/projeto, discutir aspetos de conceção de ferramentas, ver implicações reais no chão de fábrica, etc.
- **Esperas/WIP** (*Work in Progress*) – a acumulação de carga à entrada do Desenho constitui um *bottleneck*, fazendo com que a quantidade de trabalho que passa

posteriormente para a produção (após Desenho) seja menor que o suposto. Este *buffer* impede o fluxo de trabalho contínuo entre departamentos.

- **Transporte** – transporte de ferramentas e caixas entre departamentos, principalmente para serem avaliadas (ex. Qualidade → Desenho). Transporte de ferramentas entre a Produção e Desenho/Projeto para tirar dúvidas ou confrontar resultados com o esperado entre operador de produção e o Desenhador/Projetista.
- **Defeitos/Retrabalho** – muito tempo perdido em verificação de cotas e valores presentes nos projetos enviados pelo Projeto; muito tempo perdido em retrabalho, sendo que muitas das vezes os desenhos do Projeto não são “aproveitáveis”, tornando-se inclusive mais rápido fazer o desenho de novo. Os projetos que o Projeto envia contêm muitos erros, sendo que por vezes são difíceis de detetar numa fase inicial, acontecendo a sua deteção apenas em fases tardias do processo de desenho, sendo necessário fazer muitos passos de novo ou inclusive por vezes fazer o desenho integralmente de novo, perdendo-se por vezes o dobro do tempo necessário para fazer o desenho.
- **Sobreprocessamento** – sendo que o processo de conceção de ferramentas passa por uma linha (tipo linha de produção) de pessoas isoladas, cada uma no seu departamento, consecutivamente, cada uma com os seus conhecimentos, isso faz com que inconscientemente cada um considere diferentes soluções ótimas para a ferramenta, causando diferentes perceções de valor ao longo do fluxo, podendo acabar por acontecer a inclusão de características conceptuais que não são consideradas como sendo de valor pelo cliente final, apenas fazendo estas algum sentido para a pessoa que as incluiu, tendo em conta o âmbito do departamento onde está inserido.
- **Potencial Humano** – desperdício do conhecimento de pessoas de diferentes fases do processo. Na fase de conceção não é incluído conhecimento sobre manufaturabilidade, viabilidade de produção, etc. que apenas pessoas de fases “pós-conceção” normalmente possuem.

Utilizaram-se os resultados de um estudo de tempos que foi feito pelo Kaizen Institute em 2016, onde se recolheram dados relativos aos tempos despendidos na conceção do desenho de produção para as diferentes famílias, bem como dados relativos às diferentes atividades

realizadas ao longo de alguns dias de trabalho e suas durações. Fizeram-se no total 117 observações, tendo-se anotado a duração da realização do desenho para ferramentas das diferentes famílias. Os resultados estão representados na Figura 13 e são os seguintes:

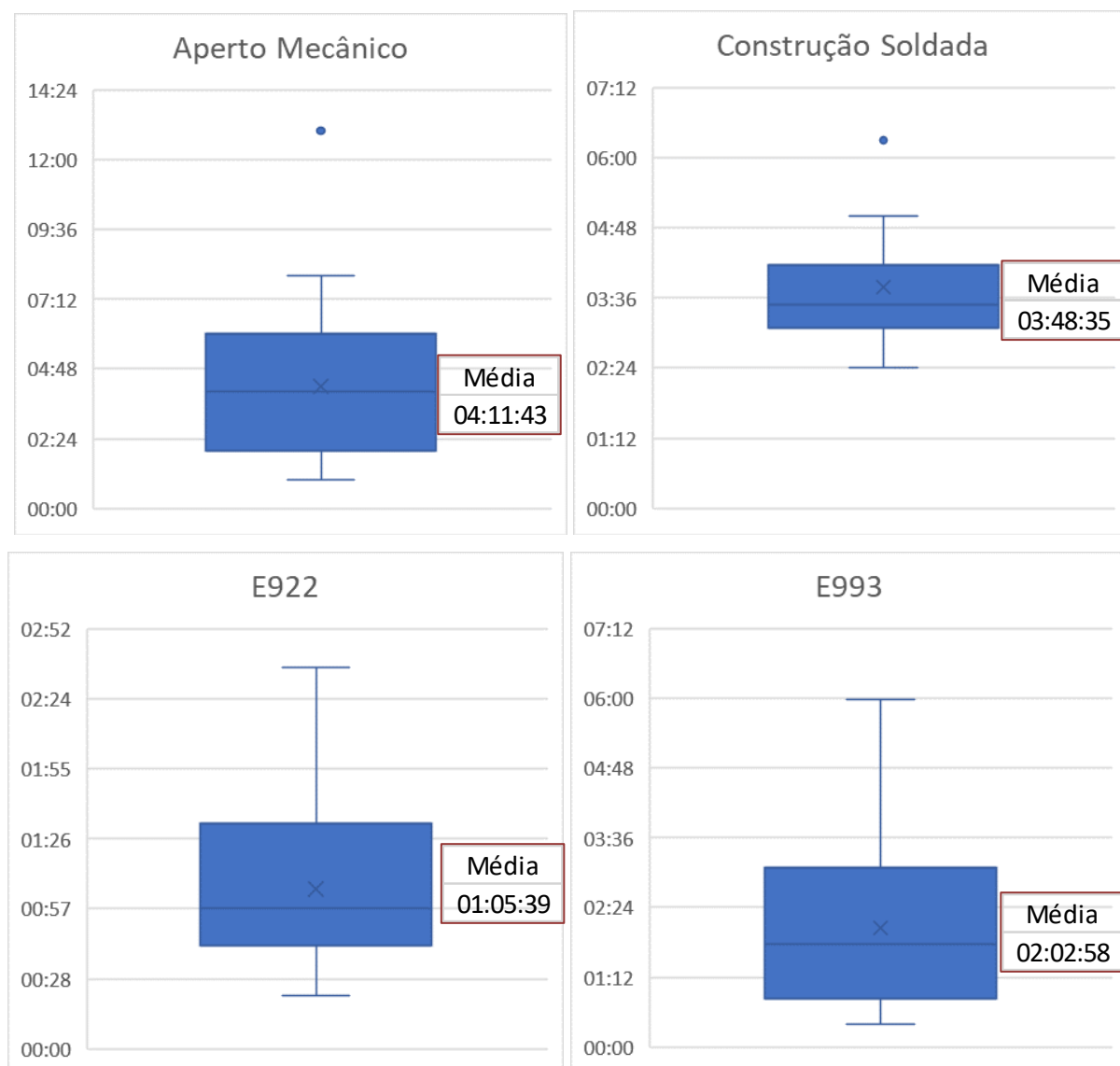


Figura 13 - Tempos de concepção de desenhos de produção, para diferentes famílias de ferramentas

Como é possível ver, em geral há bastante variabilidade nos tempos de desenho. A construção soldada parece ser a família onde há menos variabilidade, tendo como mediana 3h 29min. Fez-se também a observação detalhada do processo de concepção do desenho de uma ferramenta da família E993, que correspondeu à média de 2 horas para essa família. Nesse caso, a existência de um defeito (presente no desenho aprovado que havia vindo do departamento do Projeto) detetado quase no final da concepção do desenho fez com que o tempo despendido fosse o dobro do efetivamente necessário, tendo sido necessárias mais 2 horas de retrabalho para refazer o desenho, um desperdício já mencionado anteriormente.

Estes dados permitem utilizar os tempos médios de desenho de cada família como tempos de operação no planeamento com capacidades de produção de desenhos. No entanto, não se pode considerar que as oito horas de trabalho diárias de cada desenhador são dedicadas apenas à elaboração de desenhos de ferramentas, devido às diferentes tarefas que têm de realizar ao longo do dia trabalho; assim, os dados representados na Anexo II – Registo de tempos de atividades (desenho) permitem ter uma ideia mais concreta das funções adicionais que os desenhadores têm e com as quais ocupam também o seu dia. As observações foram registadas pelo Kaizen Institute, em 2016, para o trabalho de um desenhador, durante 7 dias de trabalho. Com estes dados retira-se que 71,43% do tempo diário, em média, é gasto em tarefas de valor acrescentado, isto é 5h 42min. Também é possível ver na tabela o tempo gasto diariamente na atividade de “fazer desenho de produção”, variando este entre 3,25h e 5,5h. (~ 40% a 70% do dia de trabalho de 8h). Visto as tarefas dos restantes desenhadores serem similares, sendo a diferença maior a família para a qual desenham, é possível estender estas percentagens/ tempos diários de elaboração de desenhos aos outros desenhadores. Para além dos valores contidos nos gráficos da Figura 13 (para as quatro famílias de ferramentas), observou-se um desenhador fazer o processo das “follow-ups”, isto é, quando ferramentas que já têm desenho de produção (devido a já terem sido produzidas pelo menos uma vez anteriormente) precisam apenas de ser lançadas em produção (por vezes sendo no entanto necessárias apenas umas alterações muito ligeiras). Durante 4 horas fizeram-se 13 encomendas com *follow-ups* (com números diferentes de ferramentas em cada encomenda), o que dá uma média de 18,5 minutos por encomenda de *follow-up*. A Tabela 1 contém a informação relativa às operações efetuadas neste processo, bem como a percentagem de tempo utilizado para cada uma.

Tabela 1 - Operações no processo de lançamento de follow-ups; percentagem de tempo gasto em cada

Operações	% tempo gasto
- Fazer pequenas alterações nos desenhos (atualização de referências antigas de plaquetes de metal duro, aços, etc.) se necessário	62,5%
- Criar referências no ERP (quando ainda não existem) para componentes	
- Lançar desenho pronto na rede	37,5%
- Lançar desenhos em produção	
- Imprimir as OF (através do ERP)	

- Assinar as OFs	
- Agrupar gama operatória, desenhos e checklist e colocar em micas	
- Verificar no ERP (e corrigir, para cada lançamento) o grupo de artigo	
- Verificar se existe <i>stock</i> de pernos, para as ferramentas que necessitam	

É possível assim retirar, dos dados anteriores, informação aproximada relativa à realização de follow-ups, bem como das atividades realizadas pelos restantes desenhadores na elaboração dos desenhos de ferramentas novas. Relativamente aos Serviços (reparações e afiamentos de ferramentas), este é um caso mais difícil de se estimar um tempo médio pois depende largamente da ferramenta em causa, podendo no pior dos casos ser necessário efetuar a medição completa desta e posterior elaboração do desenho 2D/3D (quando se tratam de ferramentas que não foram feitas pela FMT), ou nos casos mais simples aproveitar desenhos internos (quando se trata de reparação de ferramentas da FMT), havendo assim uma variação muito grande de tempos que dependem largamente da ferramenta e do serviço a ser realizado. Um resumo dos dados recolhidos está apresentado abaixo na Tabela 2, tendo-se acrescentado informação relativa à capacidade produtiva de desenhos por dia, para cada família de ferramentas.

Tabela 2 - Resumo dos tempos de operação, capacidade e percentagem de tempo produtivo

	Família	Tempo (hh:mm:ss)	Capacidade (desenhos/dia)	% tempo produtivo (tempo a desenhar)
Desenho de novas ferramentas (média do $t_{op.}$ por ferramenta)	APM	04:11:43	1,92	56,25%
	CS	03:48:35	2,22	
	E993	02:02:58	4	
	E922	01:05:39	8	
Follow-up	(por encomenda)	00:18:30	26,67	62,50%

Sendo que existem 5 desenhadores a trabalhar oito horas diárias, no total diário tem-se 40h de capacidade produtiva diária total para o Departamento. Retiraram-se os dados atuais da carga produtiva à entrada do departamento, que espera na fila para ser processada (manhã do dia 11/04/2019), estando listados abaixo na Tabela 3:

Tabela 3 - Carga produtiva em valor (€) e em quantidade de ferramentas a lançar

família	Data objetivo	Valor a lançar	QTD a lançar
APM	16/05/2019	7 267 €	9
CS	16/05/2019	31 439 €	34
E922	16/05/2019	2 906 €	6
E993	16/05/2019	33 744 €	33

Se se multiplicar a quantidade de ferramentas novas a desenhar pelo tempo médio de conceção do desenho para cada família, temos um total de 240 horas de trabalho à espera no *buffer* de entrada do departamento do Desenho (apenas considerando as ferramentas novas destas quatro famílias; não considerando sequer serviços nem *follow-ups*), o que corresponde a 6 dias de trabalho, com 5 desenhadores.

4.3 Produção

Após criado o desenho de produção e programa de maquinação, é lançada a ordem de fabrico internamente e inicia-se a segunda fase do fluxo produtivo de ferramentas de corte em aço: a produção da ferramenta. Após a operação inicial de corte do aço, que consiste apenas num serrote controlado por um operador que corta as barras de aço de acordo com o comprimento necessário de cada ferramenta a produzir, as caixas são encaminhadas para o Centro de Maquinagem.

4.3.1 Layout e Fluxo no Centro

Na Figura 14 está representado o *layout* inicial do Centro de Maquinagem. A verde encontra-se identificada a zona de entrada de carga no Centro, sendo depositada no *buffer* de entrada dos Tornos. A vermelho está assinalada a saída de carga do Centro, que é feita após determinada caixa ter sido processada e ter sido indicado no computador na “Mesa PC” que a caixa já terminou o processamento no Centro e vai ser encaminhada para o centro subsequente.

As áreas coloridas na figura representam as três secções produtivas do Centro: a azul, a secção TORN50 (Torneamento de Aço), composta por dois tornos CNC (Computer Numerical Control) (TN-0015, TN-0016) e um torno manual (TN-0020); a amarelo a secção FRAM50 (Fresagem de Aperto Mecânico) que contém apenas uma máquina (CM-0007) CNC de 5 eixos dedicada à

produção de ferramentas de aperto mecânico; a laranja a secção FRES50 (Fresagem de Aço) que se dedica às operações de fresagem de aço, maioritariamente para fabrico de ferramentas de construção soldada. É composta por duas fresadoras bastante similares (CM-0014 e CM-0016), uma tornofresadora DMG - MORI (ou CM-0020) e uma máquina (CM-0006) semelhante à da secção FRAM50. Também presentes nesta secção estão a CM-0005, dedicada quase exclusivamente ao fabrico de buris e uma retificadora plana, ambas máquinas mais de apoio e bastante menos utilizadas do que as restantes mencionadas.

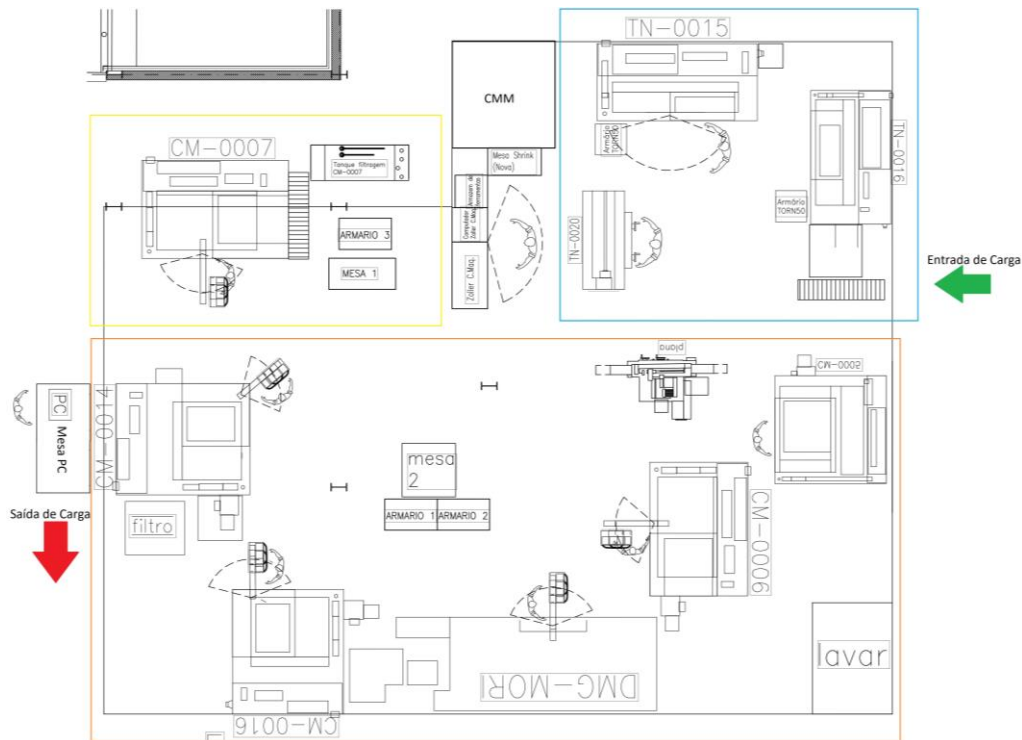


Figura 14 - Layout inicial do Centro de Maquinagem

O fluxo de carga no Centro é feito praticamente sempre do mesmo modo: após as caixas serem depositadas no *buffer* de entrada, estas são processadas na secção TORN50, onde as barras de aço cortado são torneadas para se obter o perfil/diâmetros pretendidos. De seguida, caso se tratem de ferramentas de aperto mecânico são processadas na secção FRAM50; no caso das ferramentas de construção soldada o processamento é feito na secção FRES50.

De notar que no Centro de Maquinagem praticamente todas as máquinas requerem um programa CNC para fazerem a maquinação de peças (excetuando o torno manual TN-0020 e a retificadora plana). Assim, para as secções FRES50 e FRAM50 o programador presente no departamento do Desenho é o responsável pela conceção destes programas; no caso dos tornos, cabe aos operadores desta secção, para além da operação da máquina, fazerem os programas de torneamento.

4.3.2 Análise de indicadores

De modo a conseguir-se identificar o estado inicial do Centro, analisaram-se em primeiro lugar os indicadores mais recentes disponíveis, apresentados abaixo na Figura 15.

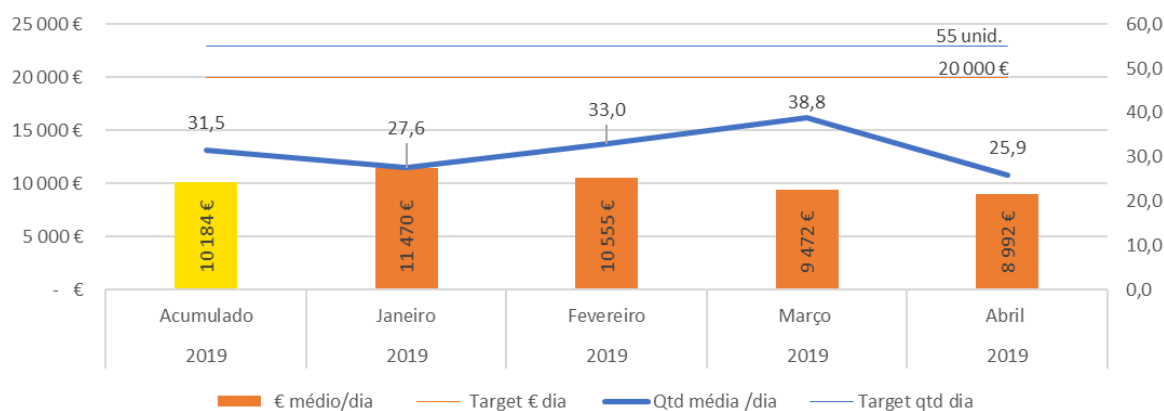


Figura 15 - Output geral do Centro

O gráfico resume o *output* produtivo do Centro, para os quatro primeiros meses do ano de 2019. As duas linhas horizontais no topo representam o objetivo médio diário de produção: 55 peças produzidas, com um valor monetário de 20.000€. Como é notório, em nenhum dos meses se atingiram os objetivos quer de quantidade quer monetários. Assim, inicialmente far-se-á uma análise ao Centro de modo a se identificarem os problemas principais que estão a impedir alcançar os objetivos de produção, discriminando-se por secção produtiva, de modo a poderem ser definidas posteriormente ações.

Na secção TORN50, o objetivo diário de produção é de 40 peças. A Figura 16 resume o *output* produtivo para esta secção nos últimos meses.

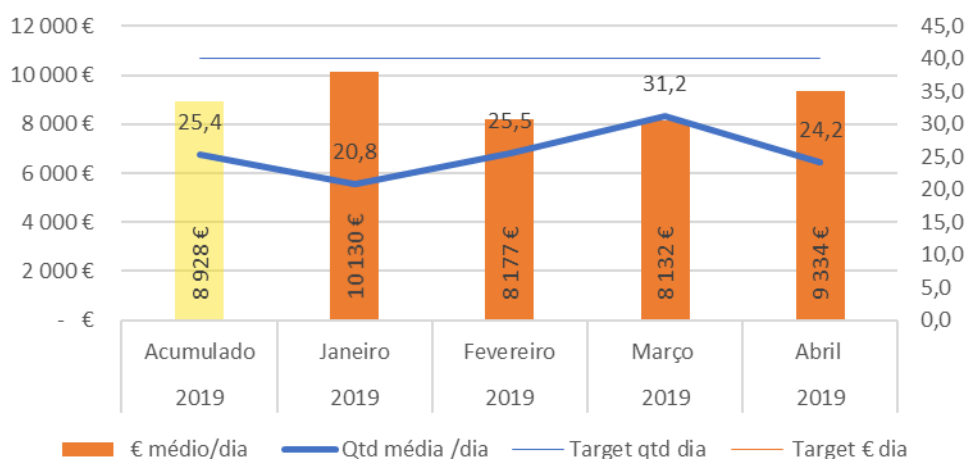


Figura 16 - Output secção TORN50

Como se pode observar, em nenhum dos meses foi atingido o objetivo, e o valor médio acumulado do ano de 2019 situa-se a cerca de metade do objetivo definido. A Figura 17 apresenta os dados relativos à média ponderada mensal da disponibilidade das máquinas (tempo de funcionamento efetivo / tempo total disponível); nesta é possível observar a linha verde que representa o objetivo definido de 70%, sendo que apenas em dois meses se atingiu o objetivo e apenas numa das máquinas.

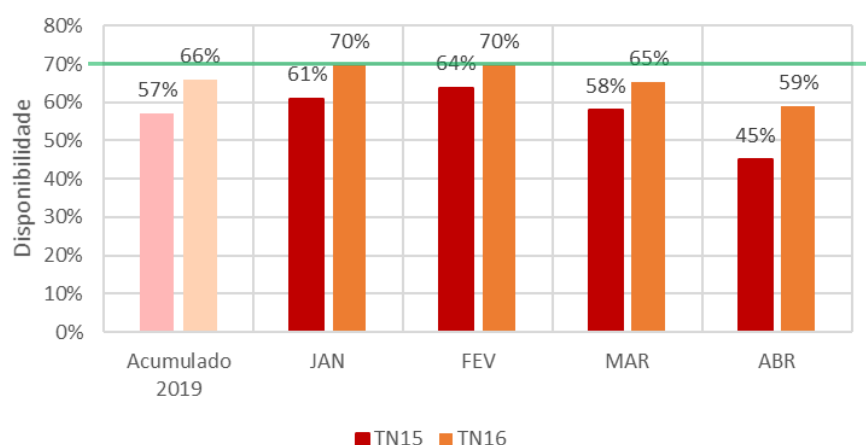


Figura 17 - Disponibilidade secção TORN50

Para além dos dados apresentados, também se analisou a incidência de NCs (não-conformidades) atribuídas a esta secção (ver Anexo III – Não-conformidades TORN50 e FRES50), tendo ocorrido 23 desde o início do ano, onde a maior incidência corresponde a erros de torneamento não conforme e a maior causa de erros corresponde a programas de tono errados.

Para as secções de fresagem FRES50 e FRAM50, o objetivo diário para o número de peças produzidas é de 35 e 8, respetivamente. A Figura 18 apresenta a informação relativa ao *output* da secção FRES50.

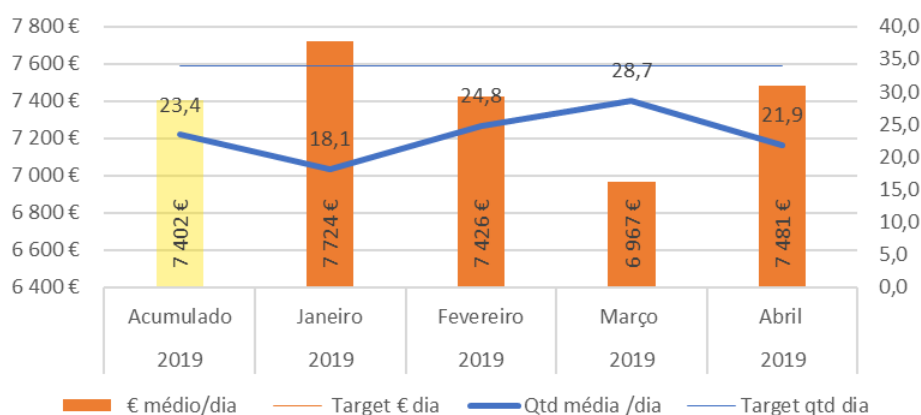


Figura 18 - Output secção FRES50

A Figura 19 apresenta a informação referente à quantidade de ferramentas produzidas na secção FRAM50.

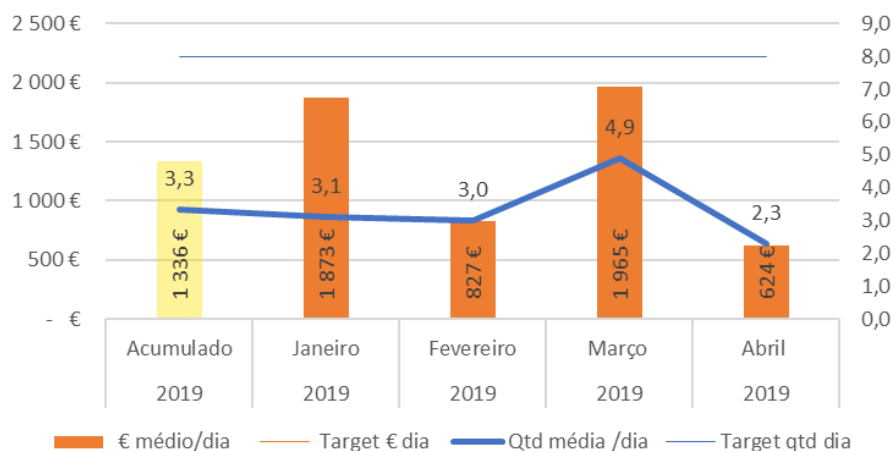


Figura 19 - Output secção FRAM50

Conclui-se, pela análise das figuras anteriores, que em ambas as secções o objetivo produtivo não foi alcançado em nenhum dos meses de 2019.

O objetivo fixado de disponibilidade das máquinas das secções de fresagem é de 75%. A Figura 20 resume os dados relativos à disponibilidade das quatro máquinas que fazem parte da secção FRES50.

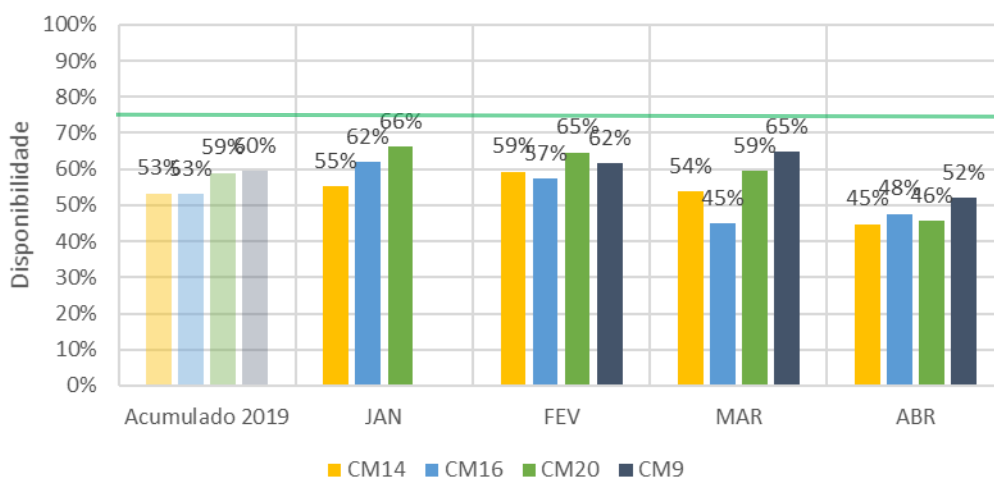


Figura 20 - Disponibilidade secção FRES50

Na Figura 21 está representada a informação relativa à disponibilidade da máquina CM11, que constitui a secção FRAM50.

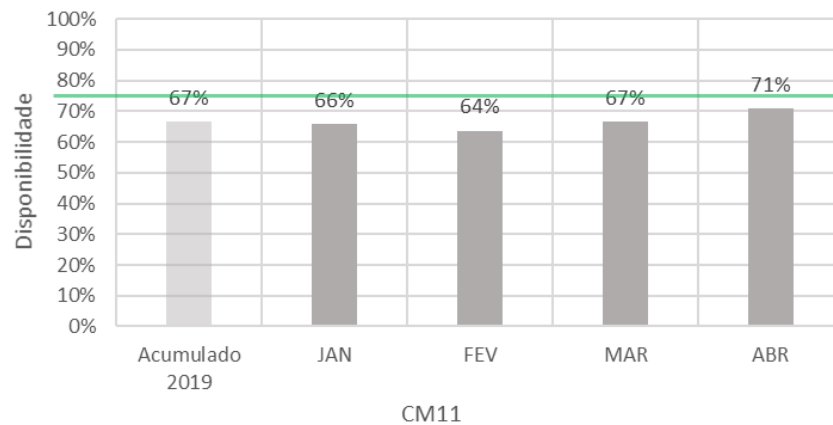


Figura 21 - Disponibilidade secção FRAM50

É possível observar nas duas figuras anteriores que o objetivo da disponibilidade das máquinas nunca foi alcançado desde o início do ano. Ao nível de não-conformidades, a fresagem mal efetuada é a principal causa de erro, desde o início do ano (ver também Anexo IV – Não-conformidades FRAM50).

Embora se verifique que em todas as secções do Centro não se atingiu o objetivo de *output* e raramente o de ocupação das máquinas, uma análise contínua das causas da baixa ocupação das secções de fresagem revelou que, com frequência, estas secções não têm carga, enquanto a secção anterior (TORN50) tem muitas caixas no *buffer* de entrada. Como se pode observar na Figura 22, a secção tem em espera uma quantidade relativamente grande de caixas, tendo sido observado que é nesta secção que o trabalho mais acumula, podendo-se assim dizer que se trata do *bottleneck* do Centro. A secção dos tornos é bastante importante porque abastece as secções seguintes. Assim, será importante focar o trabalho inicial de melhoria do Centro nesta secção, aumentando o *output*, diminuindo os defeitos/retrabalho e aumentando a capacidade das máquinas de modo a se escoar mais rapidamente o trabalho para as secções seguintes de fresagem, diminuindo o tempo total de fabrico e reduzindo-se os custos.



Figura 22 - WIP secção TORN50

4.3.3 Identificação de oportunidades de melhoria

Após análise cuidadosa do estado inicial do Centro, foi possível identificar as zonas prioritárias de intervenção, de modo a se conseguir aumentar o desempenho do Centro, identificadas e explanadas de seguida. De modo a se perceber melhor as causas de paragem de máquina nos tornos, recolheu-se perto de 10 horas combinadas de funcionamento dos dois tornos do Centro, bem como as paragens de máquina ocorridas e as razões. Na Figura 23 estão representadas as causas e duração de paragens ocorridas na máquina TN15.

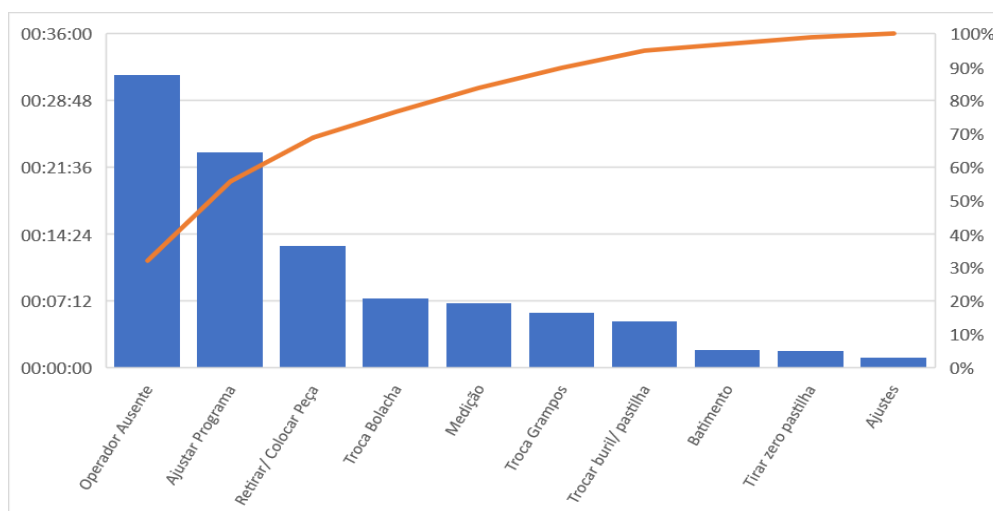


Figura 23 - Causas e duração de paragens no torno TN15

A Figura 24 apresenta as causas e duração de paragens de máquina, para o torno TN16.

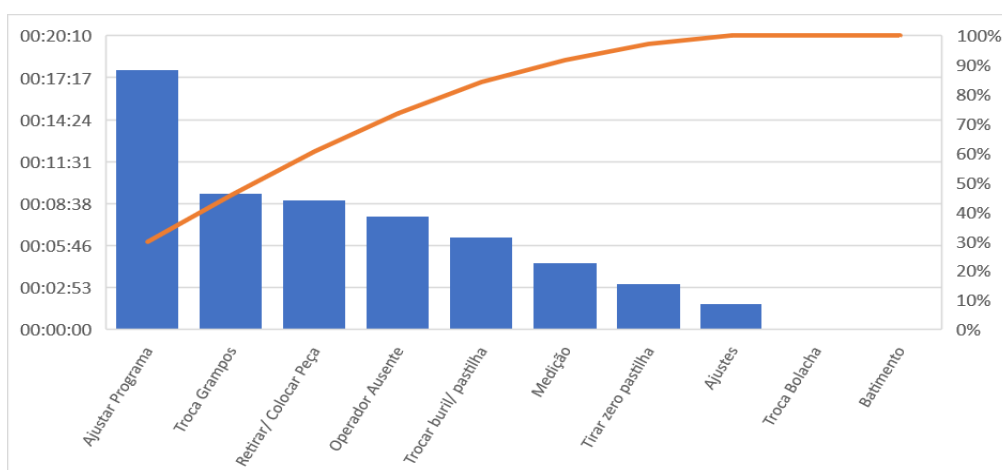


Figura 24 - Causas e duração de paragens no torno TN16

Em suma, as paragens dos tornos devem-se maioritariamente a ajustes de programa na máquina, ausência do operador, *setups* relacionados com diferenças de diâmetros das barras de aço a maquinar (“Troca Grampos” e “Troca Bolacha”), e retirar ou colocar a peça na máquina.

Causa 1: *setups*

Em alturas em que há maior *output*, em geral há mais carga no *buffer* de entrada do torno. Neste caso, o planeamento de torno é feito de modo a agrupar mais caixas consecutivas que tenham o mesmo aperto de máquina, de modo a reduzir o número de *setups*. No caso de haver menos caixas no *buffer* de entrada, não é possível planejar tantos apertos iguais seguidos, sendo assim necessárias mais trocas de grampos/bolacha, aumentando o tempo parado das máquinas e diminuindo a disponibilidade das mesmas. Isto vai de encontro à 2ª maior causa de paragem do TN16, o torno mais versátil e normalmente usado com maior variedade de peças, enquanto que o TN15 é preferido para se fazerem séries de peças iguais onde há menos *setups*. Deste modo, os *setups* completos que envolvem a maquinação de diâmetros/apertos diferentes são uma grande condicionante do nível de ocupação de máquina, sendo vários ao longo do dia. Os *setups* (incluídos nas causas de paragens, nas duas figuras anteriores) têm uma duração média de 10 minutos, ocorrendo 10 vezes por dia de trabalho, em média. Assim, conseguir fazer a redução do tempo que os *setups* consomem com a máquina parada será importante para aumentar o *output* e a disponibilidade quer em meses de maior carga em *buffer*, quer quando a carga é menor.

Causa 2: ajustes de programa

Estes ajustes podem ser divididos naqueles que são inevitáveis, como ajustes de velocidades e avanços para um maquinação mais segura e eficaz, definição de *offsets*; e os evitáveis, que podem ser incorporados no programa.

Após análise do modo como é feita a programação de torno na Frezite Madeira, pode-se observar que esta é mais cuidada para cada peça, sendo que o programa é enviado para a máquina estando mais “personalizado” a cada ferramenta diferente, não sendo necessárias tantas alterações em máquina, tendo também como vantagem extra a diminuição de erros de programação (e, por conseguinte, de não-conformidades). De notar que na Frezite Madeira há uma dupla de programadores dedicados a fresagem e torneamento, por contraste ao modo como atualmente se opera na FMT, estando a elaboração de programas ao cargo dos operadores dos tornos do Centro.

Ocorreu um caso muito representativo das implicações que este modelo atual tem, onde o programador fez um programa para uma referência de ferramenta e outro operador no dia seguinte executou o programa para maquinar a primeira de cerca de 10 peças iguais. O total

de tempo em máquina para a 1ª peça foi cerca de 30 minutos, composto por, aproximadamente.:

- 3 minutos – Desbaste à face
- Desbaste ao diâmetro:
 - **10 minutos** – maquinação “em seco”
 - 9 minutos – desbaste efetivo ao \emptyset
- Sangrar dureza:
 - **3 minutos** – maquinação “em seco”
 - 1 minuto – desbaste efetivo
- 4 minutos – desbaste ao segundo diâmetro à frente.

Assim, cerca de 50% do tempo em máquina foi desperdiçado, sendo que a máquina não estava na prática a produzir. Para a segunda peça, o operador já corrigiu o ponto de início de cada operação no programa na máquina, passando para um tempo de 15 minutos. Este caso exemplifica as possíveis consequências de reservar as alterações para se fazerem na máquina, em vez de tudo ser definido previamente. Assim, para além do tempo em que a máquina está ocupada, também há o tempo em que está ocupada mas não se está a acrescentar valor.

Causa 3: ausência do operador

Sendo a causa mais observada no TN15, esta deve-se principalmente às deslocações que o operador faz ao computador para fazer os programas, incluindo quando não repara que a máquina está parada por estar a programar longe dos tornos e não os conseguir ver. É mais notório neste torno porque as observações foram recolhidas em grande parte quando estava apenas um operador a operar os dois tornos em simultâneo num turno e o TN16 é priorizado por eles em termos de intervenção, deixando por vezes o TN15 parado para apenas quando acabarem a intervenção no TN16. Este facto, bem como o facto de por vezes se dirigirem a outros pontos do Centro para ir buscar alguma ferramenta, por exemplo, demonstra que não existe uma clara organização do trabalho ou preocupação em organizar o trabalho como *setup* externo.

Para além disto, visto o TN15 se tratar de uma máquina bem mais antiga que o TN16, o envio de programas CNC do computador para a máquina é feito ainda por um cabo. Ao passo que no TN16 basta colocar o programa na rede, passando a estar, a partir desse momento, acessível, o TN15 só permite manter um programa na memória da máquina de cada vez, sendo assim necessário o operador deslocar-se até ao computador toda a vez que pretende carregar um novo programa no TN15, aumentando assim o tempo que a máquina está parada.

Quadros de área e ferramentas de gestão do Centro

Apesar de já existirem no Centro quadros de área para apresentação de indicadores, estes não se encontram atualizados e nem toda a informação importante está nestes apresentada. Na Figura 25 estão representados os quadros de área do Centro de Maquinagem.



Figura 25 - Os três quadros presentes à entrada do Centro de Maquinagem

O quadro branco de dupla face, visível no lado esquerdo da figura acima, apenas contém informação escrita pelo capitão de equipa acerca de alguns projetos maiores que por ele eram alocados às máquinas, e o quadro da disponibilidade diária das máquinas do Centro. A outra face do quadro não era sequer utilizada. O quadro central, do estilo *flipchart* é usado apenas para exposição do plano das ações de manutenção em curso. O quadro branco de face única é o mais utilizado, contendo as informações principais sobre o Centro, nomeadamente a equipa e respetiva matriz de competências, equipas de emergência da UEN (Unidade Estratégica de Negócio), resultados das auditorias realizadas no Centro, reunião de passagem de turno e os indicadores diários por secção, em valor monetário e em unidades produzidas. O planeamento do Centro é apresentado no quadro com bordos azuis visível na Figura 25, sendo que o capitão de equipa diariamente aloca o trabalho planeado para o dia a cada secção do Centro, escrevendo a marcador, na coluna correspondente, o número das caixas a serem processadas em cada secção. Este sistema apresenta alguns problemas de rastreamento das caixas, sendo comum os operadores do Centro não saberem quais são as caixas mais e menos urgentes sem recorrer ao capitão de equipa; também não têm uma ordem definida para processarem as caixas, sendo por vezes necessária a ajuda do capitão de equipa para relembrar quais as que devem ser feitas primeiro. Apenas o capitão de equipa faz a alocação

do trabalho às diferentes máquinas, embora este trabalho seja sempre regido por uma série de limitações das máquinas, tornando assim notória a falta de premissas gerais que permitam a todos os operadores do Centro saber quais os critérios e restrições de processamento de trabalho nas diferentes máquinas.

Relativamente à análise da qualidade do Centro, não há qualquer registo afixado dos problemas de qualidade que tenham sido detetados no Centro, principalmente não-conformidades. Quando a um colaborador é atribuída a causa da produção de uma peça não-conforme, no máximo este apenas é notificado, não havendo a preocupação de se analisarem os problemas e as suas causas com o objetivo de se reduzirem os defeitos progressivamente. O registo da informação de troca de turno não está oficializado. Enquanto que na troca de turno das 14h isso não constitui um problema maior porque a reunião de troca de turno realizada a essa hora permite a partilha de informações diretamente entre os operadores, no caso da transição do turno T2 (14h-22h) para o T1 (6h-14h) do dia seguinte não existe essa possibilidade; assim, a solução utilizada pelos operadores consiste em escrever num pedaço de papel informações e instruções que consideram importante para o próximo turno e deixá-lo em cima da mesa de trabalho para poder ser visto.

As máquinas do Centro não têm visível em lado algum do Centro informação acerca da manutenção das mesmas. Existem apenas procedimentos operativos não oficiais (não autorizados nem revistos por um responsável do departamento das Operações e da Qualidade) afixados nas máquinas.

Programação CNC

Os programas CNC de torno são feitos no computador presente na mesa à entrada do Centro, como representado no layout, na Figura 14, e abaixo na Figura 26.



Figura 26 - Mesa e computador do Centro de Maquinagem

Como ilustrado no *layout* do Centro, é notória a má localização do computador, por se encontrar longe da secção dos tornos (que abastece com programas CNC), o que por sua vez dá azo a um elevado número de deslocações desnecessárias entre computador e tornos por parte dos colaboradores, quando é necessário fazer um programa novo ou enviar um já existente para o TN15 para ser executado, causando-se assim desperdício sob a forma de deslocações desnecessárias. Para além disso, o computador está posicionado atrás da máquina CM14, de modo a que quando um colaborador está a programar no computador não tem contacto visual com a secção dos tornos, fazendo com que, em caso de paragem de máquina não consiga reagir de imediato e intervencionar. Para além deste ponto, um dos tornos não possui a luz de funcionamento/paragem (*andon*) a funcionar, sendo mais propícia a ocorrência de tempos de paragem de máquina desnecessariamente.

Como já mencionado, o modo como é feita a programação de torno na FMT é bastante ineficiente. Para começar, o *software* usado pelo colaborador corresponde à versão de 2014, mesmo que também se encontre instalada no computador a versão de 2018 (e tendo a empresa disponível uma licença para instalar a mais recente versão de 2019). Assim, as novas funcionalidades e correções que ao longo das versões vão sendo lançadas não são aproveitadas pela empresa. Para além disto, a programação é feita quase na totalidade por um só colaborador, o mais experiente e com mais idade de todo o Centro. É ele que faz os programas de torno para os dois turnos do dia, havendo assim o problema de caso seja necessário um programa urgente no turno em que este colaborador não está, outro colaborador terá de fazer a programação, sendo que é notória a dificuldade com que este processo é feito. O colaborador que substitui o programador principal não tem tanto conhecimento de programação, demorando bastante mais tempo nesta operação; e como o programador principal faz os programas à sua própria maneira, seguindo alguns procedimentos antigos que permaneceram imutáveis já há vários anos, claramente não sendo eficientes, os outros colaboradores que tentem programar têm bastante dificuldade em compreenderem a lógica por trás do procedimento. Este parece ser um claro caso de falta de polivalência da equipa do Centro para esta competência.

De seguida listam-se os pontos passíveis de clara melhoria no processo de programação de torno, juntamente com uma explicação.



programa na máquina, até ao momento em que a ferramenta fica pronta, aquando da conclusão da execução do programa.

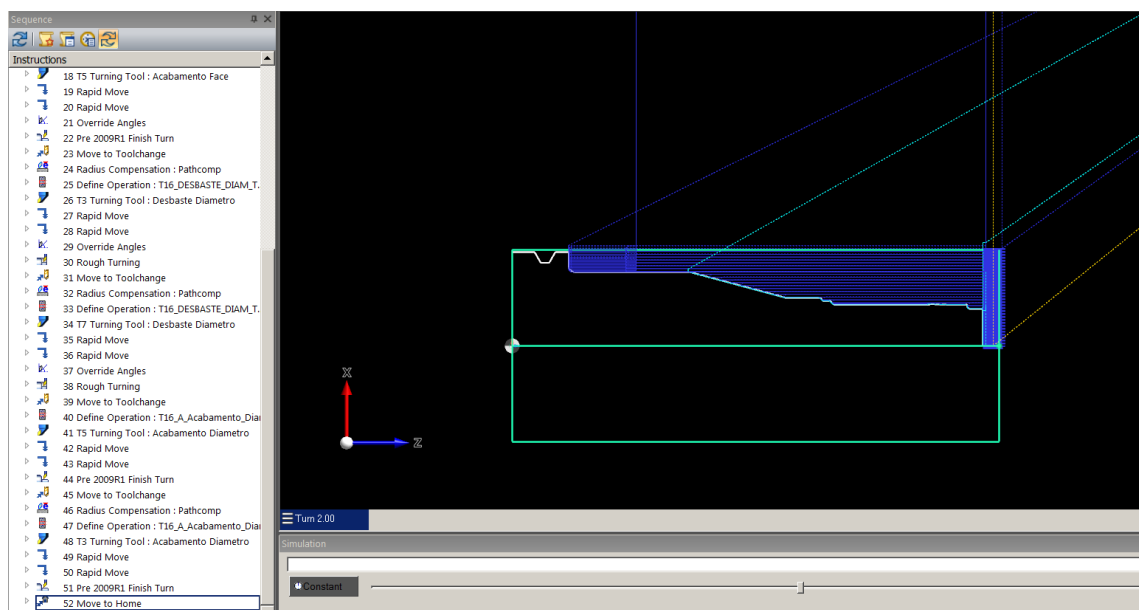


Figura 29 - Estratégias de maquinação aplicadas, no software de programação de torno

São estas as estratégias que o operador vai definir na programação, residindo aqui uma importante parte do processo de torneamento. É nesta etapa que a correta definição de parâmetros e propriedades demonstrar-se-á crucial para um mais eficiente processo de torneamento; isto porque é neste passo que se define exatamente aquilo que será transformado posteriormente em código CNC e executado pelo processador da máquina, resultando em percursos de maquinação. Assim, a correta definição das estratégias, neste ponto, é fulcral para que se consiga minimizar o número de desperdícios (que atualmente ocorrem devido à ineficiência do método) Os principais desperdícios que se identificaram, nos casos de incorreta definição de estratégias, neste estado inicial são os seguintes, indicados na Tabela 4:

Tabela 4 - Desperdícios resultantes de uma ineficiente definição de estratégias de torneamento

Desperdício	Descrição
Esperas	Os programas são feitos utilizando-se parâmetros muito <i>standard</i> , sendo depois necessárias muitas alterações em máquina, encontrando-se esta parada.
Defeitos	Muitas das alterações aos programas que são feitos no computador, no <i>software</i> , são feitas apenas na máquina, dando

	<p>por vezes lugar a esquecimento, enganos ou comunicação imperfeita entre operadores, causando muitas vezes peças defeituosas.</p> <p>Parâmetros e propriedades inadequados são causadores de não-conformidades.</p>
Sobreprocessamento	<p>As estratégias de maquinação <i>standard</i>, não sendo eficientes, fazem com que por vezes as máquinas estejam a trabalhar, mas sem cortar o aço (maquinação “em seco”).</p> <p>A não correta definição de parâmetros faz com que as peças levem mais tempo a serem produzidas e que se gastem mais recursos do que o necessário.</p>

De notar o significado dos “parâmetros e propriedades” neste contexto: as propriedades referem-se aos tipos de aços diferentes que são maquinados nos tornos, sendo que atualmente não é feita qualquer distinção entre estes, embora apresentem diferentes propriedades mecânicas (como a dureza) que influenciam a sua maquinação; as ferramentas de corte do aço (pastilhas e brocas) usadas no torno não são adaptadas ao tipo de material que se pretende trabalhar e os parâmetros de corte utilizados (velocidades, avanços, profundidade) também não são os ideais para cada tipo de trabalho.

4.3.4 Produção interna de *blanks* HSK

Um “blank HSK” consiste numa barra de aço maquinada numa das pontas, em formato “HSK”, de modo a poder ser encaixada no *spindle* de diversas máquinas, sendo que a outra ponta da barra é posteriormente trabalhada (pela FMT) de modo a se obter uma ferramenta de corte que é “encaixável” em máquinas CNC. Abaixo, na Figura 30, está representado um exemplo de um *blank* HSK. Atualmente a FMT compra estes componentes a vários fornecedores estrangeiros, sendo o componente principal de muitas ferramentas que são fabricadas no Centro de Maquinagem.

Foram identificados alguns problemas relativamente ao abastecimento destes componentes. O tempo de entrega dos fornecedores é grande, chegando por vezes a vários meses. Para além disto, a qualidade não é constante: comportamentos diferentes do aço do *blank* aquando da maquinação deste na FMT, para diferentes fornecedores; diferentes níveis de qualidade do

produto para o mesmo fornecedor, comparando lotes diferentes. Assim, foi investigada a possibilidade de se passarem a produzir internamente estes componentes, ao invés de serem comprados, na tentativa de se combaterem estes problemas identificados. Ao longo do capítulo apresenta-se a análise feita.



Figura 30 - Blank HSK

Este formato HSK consiste num formato difícil de produzir devido às suas tolerâncias apertadas, descritas em normas ISO (*International Organization for Standardization*) oficiais. A Figura 31 apresenta os dados relativos aos stocks de *blanks*, de todos os tipos, na FMT.

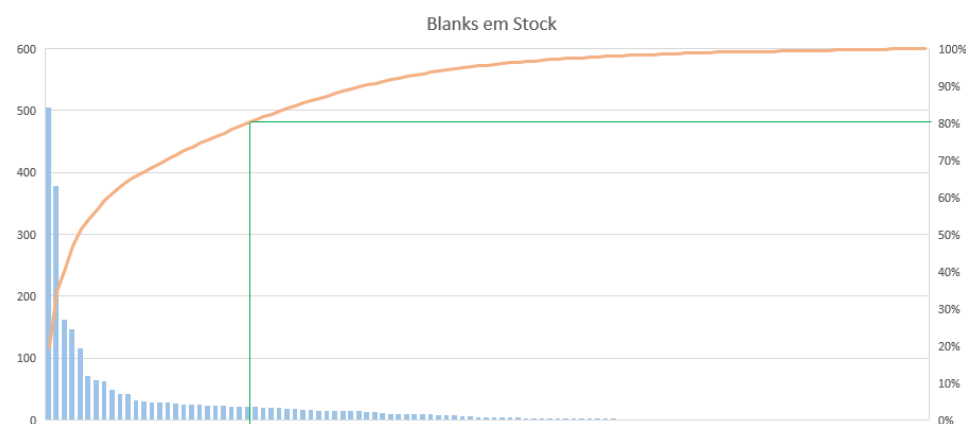


Figura 31 - Todos os tipos de blanks em stock na FMT

Há uma aproximação à Lei de Pareto e 51% do *stock* total de *blanks* corresponde às cinco referências com mais *stock*, sendo todas estas referentes a *blanks* HSK63-A. 76% do total de *blanks* em *stock* corresponde a cones de formato HSK.

Relativamente à distribuição dos *stocks* de *blanks* HSK pelo grupo FMT (Figura 32), é clara a discrepância entre localizações, sendo que a Trofa alberga muitas mais unidades (e consequentemente dinheiro) em *stock*. As unidades da Madeira e da República Checa têm menos *stock*, principalmente pelo facto de não utilizarem tanto *blanks* na produção como na Trofa.

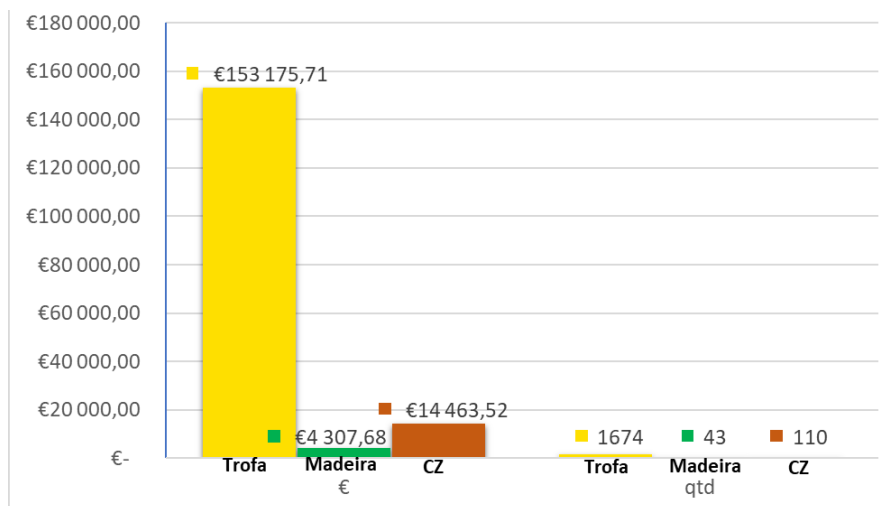


Figura 32 - Distribuição do stock de blanks HSK pelo grupo FMT, em euros; e em quantidade

A produção interna de *blanks* constituiria uma vantagem neste ponto, sendo que levaria a uma grande diminuição destes *stocks*, pois a produção seria feita apenas para a procura necessária, deixando de ser necessário precaver com *stocks* de *backup* ou encomendar a mais para ter descontos ou por receio de falta de *stock* no fornecedor numa próxima encomenda. Relativamente ao consumo de *blanks*, pode-se observar uma tendência maior para aproximação à lei de Pareto. Na Figura 33 é possível observar que os 80% da quantidade de *blanks* consumida correspondem inclusive a menos do que 20% das referências de *blanks* (cerca de 10%). 74% dos *blanks* consumidos entre 2015 e 2018 foram *blanks* HSK. A referência mais consumida corresponde a “blank HSK-A 63 Ø63 L250”, sendo que o consumo desta representou 21% do consumo total durante estes 4 anos.

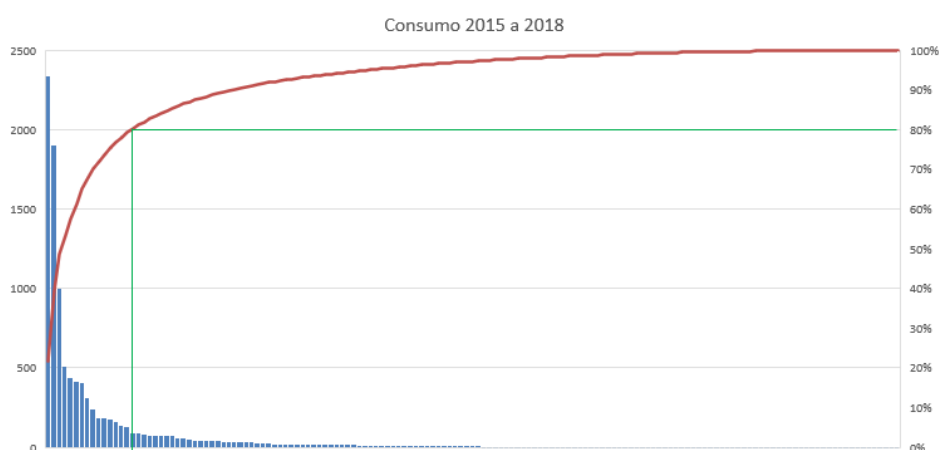


Figura 33 - Consumo de blanks, de 2015 a 2018

Sendo que os *blanks* mais consumidos correspondem a HSK do tipo A63, será por aqui que este projeto se deverá focar, de modo a atacar a maior parte dos consumos com apenas um tipo de *blank*.

Em relação às quantidades e valores monetários gastos anualmente na compra de *blanks* HSK, a Trofa encontra-se também bastante acima das restantes localizações, à semelhança dos *stocks*. A filial da República Checa gastou também um valor considerável, com um valor de mais de 40 mil euros em 2018. Estes valores estão representados abaixo na Figura 34.

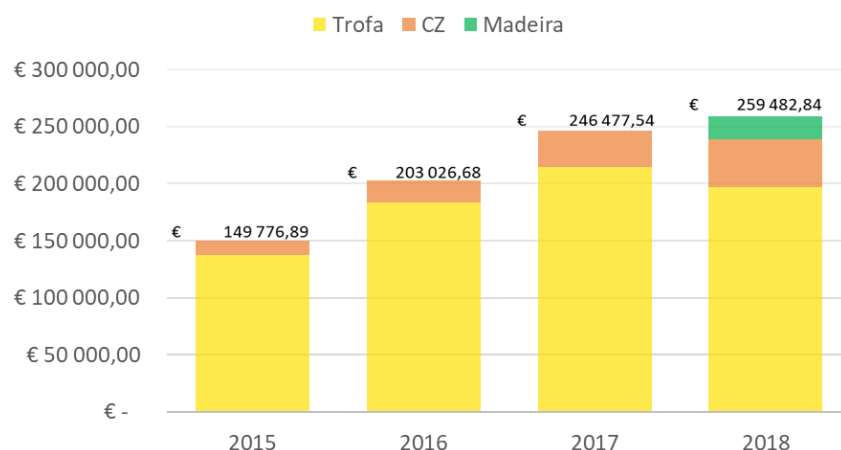


Figura 34 - Valor gasto anualmente na compra de *blanks* HSK, em euros

O projeto que se pretende desenvolver tem também como ponto a favor o aumento da margem na venda de ferramentas feitas a partir de *blanks*, sendo que a sua produção interna permitirá reduzir estes valores, gastando menos na sua produção do que na compra. A longo prazo o ideal seria a empresa tornar-se totalmente independente a nível de *blanks*, pelo desenvolvimento e aprimoramento da competência de os produzir; inclusive ter um processo estável e capaz o suficiente para ser possível vender os *blanks* a outros clientes também interessados, aumentando-se assim a variedade da oferta da FMT aos clientes.

Calendarização

Na Figura 35 está representado um gráfico de Gantt relativo ao planeamento do projeto de produção interna de *blanks* HSK. Está dividido em quatro fases distintas – A fase 1 corresponde à definição de todas as características técnicas para ser possível a produção dos *blanks* HSK. A fase 2 consiste na fase onde se iniciará a produção dos *blanks* HSK. A fase 3 compreende as atividades relacionadas com o controlo da qualidade e equipamentos de medição ao longo do processo. A fase 4 representa o processo de melhoria contínua do processo.

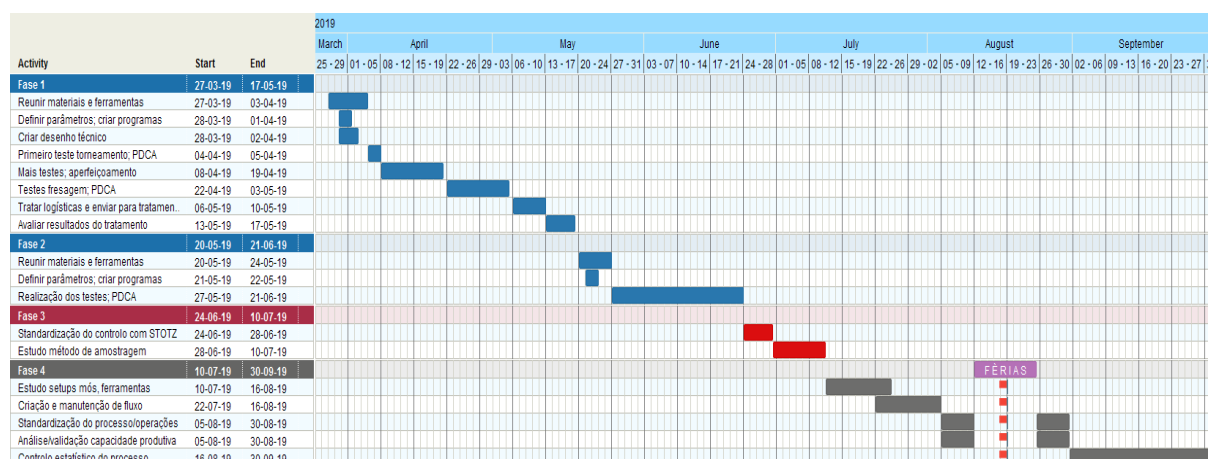


Figura 35 - Gráfico de Gantt para a calendarização do projeto

Análise à implementação

Não há máquinas completamente dedicadas à produção de *blanks* HSK, sendo que se usariam as já existentes, alternadamente com a produção de ferramentas que atualmente se faz.

Em 2018 consumiram-se 2724 *blanks* HSK no grupo Frezite. Para atingir este número num ano seria necessário produzir um blank a cada 81 minutos (*takt time*), considerando produzir em 2 turnos (16h/dia) e a carga/ocupação de máquinas atual. Com os tempos de produção teóricos estimados, o tempo de ciclo seria de 70 minutos, ou seja, o processo conseguiria cumprir a procura (interna) de *blanks*, e o tempo total produtivo seria de 190 minutos.

Para se conseguir isto nas condições descritas, seria importante estudar os *setups* de trocas de ferramentas ao longo do processo, de modo a estes serem efetuados o mais rapidamente possível, para ser possível alternar a produção de *blanks* com a de ferramentas de uma forma sustentável.

Eventual expansão/maior aposta a longo prazo

Caso se considere aumentar a capacidade do processo, libertando assim também a capacidade que a produção de *blanks* vai usar das máquinas, há outros investimentos que deverão ser feitos. A expansão seria um compromisso a longo prazo, criando-se uma zona dedicada apenas à produção de *blanks*, quase como uma diferente unidade de negócio, apenas especializada na produção *standard* de *blanks*, em série, muito diferente da produção FMT que é personalizada ao cliente.

Novas máquinas – 1 tornofresadora, 1 retificadora.

Controlo da temperatura ambiente – a variação da temperatura ambiente influencia as medições no aço – expande cerca de 1µm por cada 10cm, num aumento de 1°C. Assim, garantir um processo produtivo a temperatura constante assegura que as ferramentas são produzidas dentro dos valores medidos, não havendo problemas nos testes finais. Uma área dedicada a isto deveria assim ser isolada fisicamente do resto da fábrica, de modo a garantir uma temperatura constante e próxima o mais possível dos 20°C.

Estes investimentos criariam capacidade dedicada apenas à produção de *blanks*/cones, possibilitando o aumento da produção, bem como a diminuição do tempo de ciclo devida à aquisição de máquinas mais específicas à produção de *blanks*, e também pela ausência quase total de *setups*.

Análise de retorno de investimento

Considerou-se o top 20 dos *blanks* HSK mais comprados de 2015 a 2018 – os *blanks* abaixo do 20º lugar tem menos de 20 unidades compradas no total de 4 anos, o que é pouco e por isso não foram considerados também na análise. Destes 20, considerou-se os 3 mais caros e os 3 mais baratos (Tabela 5) e apurou-se a média destes valores, que servirá como valor referência do preço médio de compra de *blanks*: 140,75€/un.

Tabela 5 - Preços de compra atuais para os blanks mais baratos e para os mais caros

3 mais baratos		
61,10 €	61,93 €	67,50 €
3 mais caros		
244,89 €	230,59 €	178,47 €

Considerando um peso médio de 6kg e comprimento de 300mm de barra para o *blank* HSK-A63 Ø63 L250 - o mais comprado nos últimos 4 anos, calculou-se que o custo médio de fabricar o *blank* seria de 119,11€/un. (aço + tratamento térmico + processo produtivo) – sendo que o valor estimado de custos produtivos usado foi de 95€. Com base nestes valores é possível estimar a poupança anual resultante de uma possível produção de *blanks*, comparativamente com a situação atual, em que é feita a compra destes, obtendo-se assim um *saving* anual de mais de 58.900€, como descrito na Tabela 6.

Tabela 6 - Poupança anual estimada (preço médio blank comprado vs. preço blank fabricado)

Saving anual	58 943,73 €
Custo atual	383 393,92 €
Custo novo	324 450,19 €

Recolheram-se amostras dos preços de venda de ferramentas feitas a partir de diferentes tipos de *blanks*. As amostras recolhidas contêm pelo menos 5 observações para cada tipo de blank. Calculou-se a média destes valores para encontrar um preço de venda médio das ferramentas, quer para a média, utilizando o valor calculado médio de compra de *blanks* (140,75€) - Tabela 7, quer noutro caso onde apenas se utilizaram valores de *blanks* do tipo HSK-A63 Ø63 L250 (o mais consumido na FMT): quer o seu preço de compra médio, quer para calcular o preço médio de venda das ferramentas fabricadas a partir destes *blanks* - Tabela 8.

Tabela 7 - Valores da margem de matéria-prima, calculados através do custo médio de um blank

	Custo MP	Margem MP (%)
Blank comprado	140,75 €	12,0%
Blank fabricado	119,11 €	10,2%

Preço de venda (médio): 1 171,30 €

Para estes valores da média, ficaria mais barato fabricar os *blanks* internamente do que comprar. A margem de custo de matéria-prima passaria de 12% (atualmente) para 10,2% (a produzir *blanks*).

Tabela 8 - Valores da margem de matéria-prima, para o exemplo do blank HSK-A63 Ø63 L250

	Custo MP	Margem MP (%)
Blank comprado	82,13 €	6,5%
Blank fabricado	119,11 €	9,5%

Preço de venda (médio): 1 256,71 €

No entanto, se considerarmos apenas os valores correspondentes ao *blank* da referência especificada (*blank* mais comprado entre 2015 e 2018) – custo de 82,13€/un. e um preço de venda médio de ferramentas feitas a partir destes *blanks* de 1.256,71€ - é notória a diferença entre o preço real de compra destes *blanks* e o preço de produção teórico calculado de 119,11€. A margem de compra de matéria-prima é maior: 9,5%, aumentando 3% em relação ao atual.

De notar que o custo de produção teórico calculado é apenas uma estimativa e não engloba as melhorias de processo que ao longo do tempo permitiriam produzir num ambiente muito mais controlado e em menos tempo, garantindo menores custos produtivos.

5. APRESENTAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIA

No presente capítulo apresenta-se um resumo dos principais problemas identificados, bem como as respetivas propostas de melhoria. Na Tabela 9 encontra-se o plano de ação proposto, sendo apresentados os problemas já identificados no capítulo anterior, bem como as ações propostas de melhoria, seguindo uma análise de desperdícios.

Tabela 9 - Resumo dos problemas e ações propostas de melhoria

Problema	Desperdícios	Ação
Organização/método de trabalho do departamento do Desenho não é eficiente	Movimentações, esperas, transporte, defeitos, sobreprocessamento, inventário, potencial humano	Reestruturação dos departamentos segundo o <i>lean</i> PPD
Baixa disponibilidade tornos - <i>setups</i>	Esperas	Sistema de troca rápida de grampos
Baixa disponibilidade tornos - ajustes de programa na máquina	Esperas, defeitos, sobreprocessamento	Definição de parâmetros para os diferentes aços; definição de ferramentas de torneamento adequadas; melhoria do processo de programação de torno
Sistema de planeamento com falhas; falta de alguns documentos	Movimentações, transporte, defeitos	Criação de premissas do Centro; sistema de planeamento por <i>kanban</i> ; análise de não-conformidades; implementação de folha de turno
Manutenção de máquinas	Defeitos, inventário	Implementação de <i>checklists</i> de manutenção autónoma
Computador do Centro de Maquinagem distante da secção TORN50	Movimentações, esperas	Mudança da localização do computador do Centro
<i>Blanks</i> HSK – tempo de entrega elevado; custo alto	Inventário, esperas, defeitos	Proposta de produção interna (<i>versus</i> atual compra ao fornecedor)

O plano de ações descrito é aprofundado ao longo deste capítulo, apresentando-se detalhadamente as propostas de melhoria e o trabalho realizado para cada uma destas.

5.1 Reestruturação do processo de concepção de ferramentas

De forma a melhorar o processo de concepção de ferramentas, há que seguir uma abordagem *Lean*, identificando-se o valor para o cliente, integrando uma cadeia de valor sem atividades de desperdício, fazendo fluir o processo e que este seja puxado pelo cliente, procurando-se sempre alcançar a perfeição. Assim, sugere-se uma reorganização do processo, ignorando numa fase inicial os conceitos de departamentos e posições específicas existentes na empresa. A Figura 36 representa sumariamente o processo ideal, com o mínimo de desperdícios possível: o cliente faz um pedido, desta vez a uma “Equipa”, que elabora um projeto e lhe envia. Aquando da autorização dada pelo cliente, a equipa inicia o seu trabalho de concepção do produto; quando terminado, é enviado o respetivo desenho para a Produção.

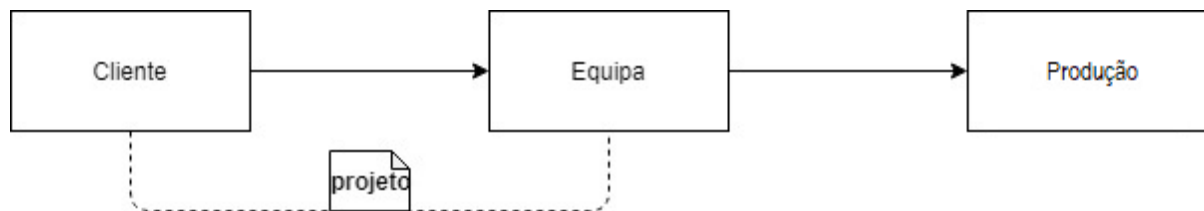


Figura 36 - Representação da proposta do novo processo de concepção de ferramentas

A “Equipa” mencionada acima seria constituída por elementos atualmente presentes em diferentes departamentos, passando a haver várias equipas: uma equipa para cada família de ferramentas/tipo de pedido de cliente. As equipas teriam as seguintes funções e seriam constituídas pelos seguintes membros:

- Equipa Reparações: Avaliador + *BackOffice* + Desenhador
 - Receber pedido de reparação do cliente e o Avaliador vai avaliar a possibilidade de esta ser reparada e como.
 - Caso se tratem de ferramentas da FMT, a pessoa do *BackOffice* trataria do *follow-up*. Caso não sejam, o desenhador fará o mesmo trabalho que atualmente: medir o necessário na ferramenta e desenhar as partes/componentes necessários para a sua produção.
 - Reparar na produção segundo o “tratamento” definido.
- Equipa Reclamações: Avaliador (qualidade) + Projetista + Desenhador
 - Receber informação detalhada acerca da reclamação do cliente.
 - Trabalhar em grupo para chegar à causa-raiz da reclamação; caso seja preciso, fazer o processo no chão de fábrica, observando-se *in loco* as possíveis causas.

- Projetar e Desenhar nova alternativa, caso se conclua que algum aspeto de conceção tenha causado a reclamação.
- Produzir ferramenta com as novas características definidas.
- Equipas Novas Ferramentas: Projetista + Desenhador + Programador + *BackOffice* (+Chefe de Equipa de Produção respetiva)
 - Receber (*BackOffice*) encomenda/pedido do cliente.
 - Projetar solução em conjunto (com cotas corretas, fazer bem à primeira) e enviar para o cliente; *BackOffice* acerta detalhes dos projetos com o cliente até que se chegue a um acordo – encomenda do cliente.
 - Quando se tiver a versão final, autorizada pelo cliente, elaborar o desenho de produção e respetivo programa e começar a produzir.

Estas equipas funcionariam de um modo baseado no *Lean PPD* que se foca no desenvolvimento do produto como sendo a fase onde as alterações devem ser feitas, o mais cedo possível para ser possível fabricar bem à primeira e não ser necessário fazer alterações durante a produção; reduzindo assim o risco de retrabalho em fases mais avançadas, onde o custo de realizar alterações é maior.

Organizar as equipas do modo descrito permitirá seguir uma abordagem *lean* já desde o início do ciclo de vida do produto, reduzindo riscos e custos de desenvolvimento. Ao ter pessoas de vários departamentos a trabalhar em conjunto (tal como numa célula de produção; ao invés do processo atual semelhante a oficinas de produção, onde os departamentos são compostos por pessoas com conhecimentos semelhantes) tem-se desde início preocupações diferentes na conceção do produto, sendo aqui o objetivo estabelecer o valor para o cliente e desenhar apenas o que este deseja, não adicionando desperdício. Para isso, integrar um Desenhador, Projetista, Programador e Chefe de Equipa de produção na conceção permitirá um confronto positivo de ideias de áreas diferentes que se complementam, garantindo à partida funcionalidade, durabilidade e manufaturabilidade da ferramenta a produzir.

O ideal será existirem várias equipas dedicadas à conceção de novas ferramentas, cada uma alocada a uma família (contendo a equipa os elementos que atualmente, no respetivo departamento, se dedicam a essa família). A zona de trabalho destas equipas seria preferencialmente junto ao chão de fábrica, perto da zona de produção da respetiva família de ferramentas, com o objetivo de conseguir integrar os capitães de equipa facilmente na

conceção, mas também conseguirem tomar parte na produção, como normalmente com o resto da equipa, minimizando-se deslocações. Pretende-se que a equipa siga o princípio *genchi genbutsu*, - ir ao local e ver em primeira pessoa, para se poder tirar à partida qualquer dúvida de manufaturabilidade/exequibilidade e poder conceber um produto da maneira mais simples possível para todos.

Dentro deste novo modo de trabalho também se pretende que o projeto enviado ao cliente seja o 3D mais completo possível, tendo já o máximo de valores possível cotados corretamente, de modo a, após aprovação do cliente, ser possível fazer a conversão em desenho 2D e fazer-se o mínimo de ajustes possível, idealmente zero, de forma a eliminar retrabalho e possíveis defeitos que atualmente têm o risco de não serem detetados, podendo passar para a produção.

5.2 Produção de ferramentas de aço - Centro de Maquinagem

Relativamente ao Centro de Maquinagem, implementaram-se diversas propostas de melhoria em diversos pontos, seguindo uma lógica de combate aos desperdícios e oportunidades de melhoria já identificados no capítulo prévio.

5.2.1 Baixa disponibilidade TORN50

Alteração da localização do computador do Centro

De modo a reduzir-se o tempo despendido pelos colaboradores em movimentações de e para o computador, bem como o tempo em que as máquinas se encontram paradas devido à falta de contacto visual com estas, em situações em que se encontram a programar no computador, fez-se a alteração do local onde o computador está situado.

Como é visível na Figura 37, o computador foi realocado para uma zona bem mais próxima da secção dos tornos; passou-se de uma mesa demasiado grande para uma mais pequena, com o espaço necessário ideal para o operador poder estar sentado ao computador a criar programas de torneamento. Nesta nova localização, os colaboradores perdem menos tempo com deslocações ao computador, e conseguem agora ter contacto visual com os tornos, podendo atuar rapidamente em caso de paragem da máquina, esperando-se assim reduzir o tempo de máquina parada devido a ausência do operador. O *andon* do TN15 foi reparado, o

que significa que os operadores conseguem assim saber de uma forma mais visual e instantânea quando a máquina para.

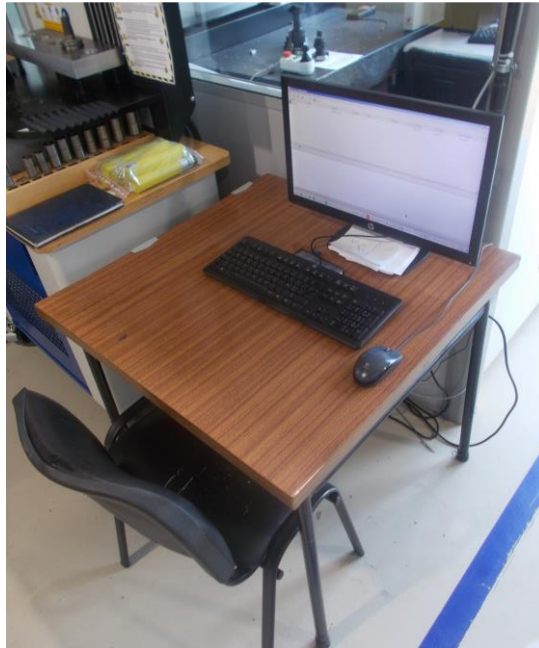


Figura 37 - Nova localização do computador no Centro de Maquinagem

Setup de troca de grampos

Após análise dos *setups* efetuados, observou-se que a principal condicionante do tempo que as máquinas estão paradas por trocas de ferramentas corresponde às trocas e ajustes de grampos, que são feitas sempre que é necessário apertar na máquina uma peça com um diâmetro diferente da anterior. A FMT máquina barras de aço com diâmetros compreendidos entre cerca de 20mm e 200mm, sendo assim um intervalo bastante grande de possibilidades que geralmente leva a muitas mudanças de grampos do aperto.

As treze etapas listadas na Tabela 10 correspondem ao *setup* efetuado sempre que é necessário fazer a troca de grampos num torno. É um procedimento que tem uma duração média de 10 minutos, sendo realizado na íntegra enquanto a máquina está parada (como *setup* externo). É de notar que os passos 7 e 8 consistem em operações que requerem técnica e experiência; enquanto que operadores mais experientes conseguem acertar à primeira o diâmetro desejado dos grampos, os operadores com menos experiência por vezes precisam de mais tentativas até conseguirem atingir esse objetivo, repetindo consecutivamente os passos 7 a 9 conforme a necessidade.

Tabela 10 - Setup de troca de grampos

Setup interno	Setup externo
1. Pegar na chave HEXA	
2. Aliviar parafusos dos grampos “antigos” (2 paraf.x3 grampos)	
3. Retirar parafusos e grampos (2x3)	
4. Guardar grampos na gaveta	
5. Pegar em novos grampos	
6. Pegar na chave HEXA	
7. Apertar ligeiramente os 3 novos grampos	
8. Colocar barra aço e verificar se diâmetro está ajustado	
9. Tirar a barra de aço	
10. Apertar parafusos até ao fim	
11. Procurar na gaveta parafusos/porca e chave	
12. Apertar parafuso/porca no centro dos grampos	
13. Inserir a barra de aço	

De modo a se transformar o *setup* interno em externo, sugeriu-se a implementação do sistema representado na Figura 38, que permite reduzir substancialmente o tempo que a máquina está parada para a realização deste tipo de trocas.

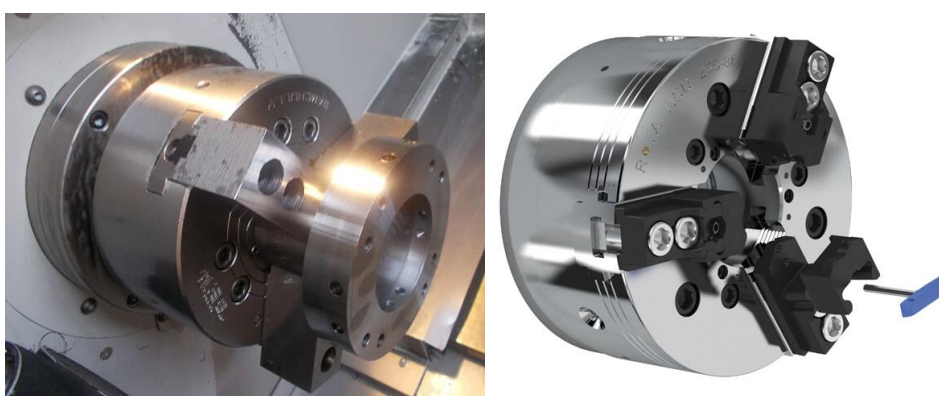


Figura 38 - Sistema de grampos inicial (à esquerda); sistema de grampos de troca rápida sugerido (à direita)

Com o sistema proposto, elimina-se a necessidade de substituir o grampo, na íntegra, por outro, passando a ser necessário apenas substituir os três inserts, sendo que a base de cada grampo se encontra fixa neste novo sistema. Deste modo, o *setup* será reestruturado do modo apresentado na Tabela 11.

Tabela 11 - Setup de troca de grampos, usando-se o sistema proposto

Setup interno	Setup externo
	1. Pegar na chave HEXA
	2. Pegar em novos grampos
3. Retirar os inserts, usando a chave HEXA	
4. Encaixar os novos inserts (encaixe manual)	
5. Inserir a barra de aço	

Deste modo eliminam-se também os dois tipos de operações que mais tempo e perícia exigem ao operador neste tipo de *setups*: o desaparafusamento de parafusos, que não necessita mais de ser feito; e o ajuste manual do diâmetro dos grampos inseridos, pois o novo sistema, tendo as bases dos grampos sempre fixas, dispensa esse tipo de ajuste; assim, ao fazer-se a troca do inserto, garante-se o diâmetro desejado, que é cumprido sempre pelo inserto à primeira tentativa. O novo sistema permite fazer a troca de grampos em apenas 15 segundos.

Ajustes de programas na máquina

O primeiro passo na reestruturação do método de programação dos tornos consistiu na instalação da mais recente versão do *software* de concepção de programas. Procedeu-se assim à eliminação das versões adicionais, estando no computador desnecessariamente, passando a manter-se apenas a versão de 2019, a mais recente disponível.

De seguida, criou-se uma *macro* no Autocad que permite passar do desenho de torno para o perfil a ser torneado com apenas o clique de um botão. A *macro* seleciona as linhas que não são importantes, elimina-as, criando o perfil de torneamento que realmente importa. Deste modo elimina-se a necessidade de o colaborador ter de fazer esta tarefa constantemente, para todas as ferramentas.

Posteriormente estudaram-se os cinco diferentes tipos de aços utilizados como matéria-prima, bem como as ferramentas de maquinação do aço (pastilhas e brocas) usadas. Concluiu-se que as pastilhas e brocas que estavam a ser utilizadas não eram adequadas aos aços com maior dureza, não havendo distinção de acordo com o tipo de aço que se estava a maquinar. Assim, investigaram-se alternativas, tendo-se definido ferramentas apropriadas para trabalhar os tipos de aços mais duros, faltando apenas realizarem-se os testes de definição dos valores adequados dos parâmetros de corte a serem utilizados com as alternativas propostas.

Posto isto, o foco de melhoria deverá incidir sobre o *software* de programação de torno: incorporar no *software* os parâmetros adequados de corte que forem definidos, de modo a que seja necessário selecionar, pelo operador, o material a maquinar, sendo assim carregados no programa os respetivos parâmetros de corte adequados associados a esse material. Para além disto, o modo como se fazem os programas deve ser reformulado, passando-se para um processo mais simples e intuitivo, enaltecido pela interface mais amigável do utilizador da versão recentemente atualizada do *software*. Com esta remodelação será possível fazer programas

mais rapidamente e formar mais colaboradores nestas funções devido à maior simplicidade visual e do processo.

5.2.2 Implementação de *checklists* de manutenção autónoma

Por se ter verificado uma lacuna no que diz respeito à manutenção das máquinas do Centro (sendo que apenas a manutenção planeada, geralmente anual, feita pela marca, era efetuada), procedeu-se assim ao estudo do funcionamento das diferentes máquinas do Centro, que sendo usadas diariamente carecem de uma manutenção constante, que pode ser feita rapidamente pelos próprios colaboradores, com uma periodicidade predefinida, de modo a garantir que tudo está a funcionar como deve. De seguida, o autor criou as oito *checklists* de manutenção autónoma (uma por máquina), estando contida em cada uma destas a informação respetiva a cada aspeto que é necessário ser verificado na máquina, uma foto representativa, e a periodicidade da verificação. Um exemplo de uma destas listas pode ser consultado no Anexo V – Checklist de Manutenção autónoma. De modo a se controlar o cumprimento dos procedimentos de manutenção descritos nestas listas, criou também um modelo de folha de registo da realização da manutenção autónoma; esta encontra-se presente junto a cada máquina, sendo o seu objetivo o de apresentar o registo de que cada ponto da manutenção autónoma foi verificado pelo colaborador responsável. Cada folha contém um campo para o respetivo responsável de Operações assinar, verificando assim que a manutenção terá sido feita corretamente. Um exemplo da folha de registo (correspondente à *checklist* apresentada) pode ser consultado no Anexo VI – Folha de registo da manutenção autónoma.

5.2.3 Sistema de planeamento do Centro com recurso a *kanban*

Relativamente ao planeamento do trabalho a realizar no Centro, reestruturou-se o modo como este era feito, tendo-se implementado um sistema de planeamento com *kanban*. Segue-se de seguida uma explicação do modo de funcionamento deste sistema, baseada no procedimento criado e publicado no Centro.

O quadro branco presente no meio do Centro de Maquinagem serve como suporte ao planeamento da produção do Centro. Uma das faces do quadro tem a tabela do planeamento, onde cada coluna corresponde a uma máquina do Centro (Figura 39). As duas últimas colunas são correspondentes às secções Subcontratação (SUBC50) e Programação (PROG50).



Figura 39 - Tabela de suporte ao planeamento com kanban

Estão disponíveis, para utilização, cartões de duas cores distintas (verdes e vermelhos) que devem ser utilizados como kanban de produção, dentro do Centro de Maquinagem, para um seguimento mais visual das caixas e do planeamento. Os cartões são magnéticos, o que permite colocá-los e removê-los quer no quadro do planeamento, quer nas máquinas. A cada cartão corresponde uma caixa apenas.

No início de cada dia, o capitão de equipa tem a responsabilidade de fazer a alocação das caixas às respetivas máquinas do Centro. Para isso, deve pegar em cartões e escrever para cada caixa, a marcador, o número da caixa correspondente no cartão (como representado no lado direito da Figura 40). Deve escolher um cartão de cor correspondente ao nível de urgência da caixa: Riscos e Urgências – kanban vermelho; Restantes – kanban verde.



Figura 40 - Caixa que contém os cartões kanban; exemplo de um cartão verde corretamente preenchido

De seguida o capitão deve colocar os cartões preenchidos na coluna correspondente à máquina a ser alocada a caixa, no quadro do planeamento, respeitando a regra de que os cartões no quadro devem estar sempre, para cada coluna, por ordem decrescente de prioridades, de cima para baixo. Isto é, os *kanban* a colocar no topo da coluna serão vermelhos, procedidos pelos verdes, abaixo. O *kanban* mais acima corresponderá sempre ao número da caixa seguinte a processar em cada máquina. Sempre que cada operador do Centro vá iniciar o processamento de uma caixa numa máquina, deve deslocar-se ao quadro do planeamento e retirar o cartão mais acima, na coluna da máquina respetiva. Deve levá-lo para junto da máquina e afixá-lo numa zona superior da máquina, de modo a poder ser visto facilmente a partir de praticamente qualquer sítio do Centro de Maquinagem. De seguida, o operador irá processar, na máquina, a caixa correspondente ao número indicado no cartão *kanban* que afixou.

Quando este processamento estiver concluído, deve retirar o cartão correspondente da máquina e:

- No caso da secção dos tornos (TORN50), colocar o cartão na zona do quadro de planeamento “Feito TORN50”, por baixo da coluna dos dois tornos. Picar (no PC) e colocar a caixa respetiva no *buffer* de entrada de carga da fresagem;
- No caso das secções de fresagem (FRES50 e FRAM50), colocar o cartão no tabuleiro dedicado ao depósito de cartões de caixas já processadas (“CARTÕES FEITOS”), na mesa do computador do Centro. Picar (no PC) e colocar a caixa na zona delimitada dedicada à saída de carga do Centro.

O capitão de equipa deve ir recolhendo, ao longo do dia, os cartões afixados na zona “Feito TORN50” e alocá-los às máquinas seguintes. Deve também recolher os cartões correspondentes a caixas já processadas no Centro e apagar a informação escrita, para poder fazer a sucessiva reutilização dos cartões.

No caso de uma caixa ter a secção Subcontratação (SUBC50) como sendo a seguinte na ordem de produção, o operador deve colocar a caixa na zona delimitada a amarelo correspondente e o cartão *kanban* na coluna do quadro “SUBC”. A caixa seguirá para fora e quando regressar, o capitão de equipa volta a integrá-la no percurso normal. A coluna “PROG” refere-se às caixas que ainda não têm programa de fresagem feito. Assim, nesta coluna deverão ser colocados

pelo capitão de equipa os cartões correspondentes a caixas que estão à espera de programa para poderem ser alocadas a uma fresadora.

5.2.4 Documentação do Centro

Uma vez identificada a sua ausência, criou-se um sistema de análise das não-conformidades atribuídas ao Centro de Maquinagem. Com este sistema pretende-se apurar para cada erro a sua causa, de modo a criar-se uma cultura intrínseca de aprendizagem com o erro, corrigindo e melhorando continuamente o processo com o objetivo de se evitar errar onde já se errou antes. O Anexo VII – Análise de NCs: Diagrama de Ishikawa ilustra um diagrama de causa-efeito; O Anexo VIII – Análise de NCs: 5 porquês tem representada a ferramenta dos “5 Why” e em conjunto estas duas ferramentas constituem a base para a análise das NCs do Centro, estando presentes no quadro branco no Centro. Já tendo sido dada formação à equipa, pretende-se que o capitão de equipa, sempre que é detetada uma NC, registe a ocorrência na tabela respetiva presente no quadro branco no interior do Centro de Maquinagem. De seguida, a NC deverá ser analisada em conjunto com o resto da equipa, devendo para isso utilizar-se o diagrama de causa-efeito disponibilizado, de modo a encontrar-se as causas mais importantes que possam ter originado a não-conformidade em questão. Essas causas deverão de seguida ser sujeitas aos 5 Porquês, de modo a identificar-se a(s) causa(s) raiz do problema em análise. Esta aprendizagem deve ser utilizada pela equipa como base para melhorias dos processos, com a contínua ajuda da Engenharia de Métodos.

Para além disto, definiram-se as premissas do Centro, no que diz respeito principalmente ao fluxo produtivo. Foi elaborado o respetivo procedimento oficial (Anexo IX – Premissas do Centro de Maquinagem), que pretende servir de guia para o modo como deve fluir a carga dentro do Centro, sendo especificadas as capacidades de cada máquina, bem como que tipo de trabalho deve ser alocado a cada uma.

Por fim, implementaram-se folhas de turno em todas as máquinas do Centro - exemplo no Anexo X – Folha de turno. Sendo sumárias, o espaço disponível na folha deve ser preenchido de modo a apenas lá constar a informação que importa. Cada máquina tem uma folha de turno afixada, como ilustrado na Figura 41. Esta está localizada de modo a poder ser preenchida ao longo do dia facilmente, sem grandes movimentos extras.



Figura 41 - Folha de turno afixada no torno TN-0016

Cada folha tem espaço para se registar, para os seis possíveis dias de trabalho da semana, e para os dois turnos do dia: as caixas processadas nessa máquina, bem como o número de ferramentas – deste modo é possível saber, por exemplo, quando uma máquina processou menos peças que o costume, podendo-se analisar posteriormente a(s) ferramenta(s) em questão de modo a se avaliar o respetivo processo produtivo na tentativa de o tornar mais eficiente/rápido; as paragens de máquina que ocorrem, isto é, a causa e a duração da mesma, com o propósito de se conseguir assim ter um registo dos motivos comuns que causam tempo de máquina parada, podendo-se agir posteriormente em conformidade; informações relativas à troca de turno, passando assim a estar registadas e documentadas num local *standard*, facilitando o registo e consulta de qualquer informação importante transmitida entre turnos.

Quadros de área

Fez-se a reestruturação da zona de quadros do Centro, tendo-se dispensado o *flipchart* que existia (ver estado inicial da zona na Figura 25), devido à pouca utilidade do mesmo. O quadro de dupla face foi colocado no interior do Centro de Maquinagem, para facilitar o acesso e consulta do mesmo. Na Figura 42 está ilustrado esse quadro: do lado esquerdo, a face que tem o quadro do planeamento e o sistema de análise de NCs; do lado direito da figura, a outra face do quadro que tem a tabela de registo diário da disponibilidade das máquinas, a tabela de registo de ideias de colaboradores do Centro e os ganhos gerados por cada uma, e a tabela de seguimento do estado das ações de manutenção no Centro.



Figura 42 - Quadro de dupla face colocado no interior do Centro de Maquinagem

O outro quadro branco foi reorganizado, mas a sua localização manteve-se à entrada do Centro. Este é o quadro de equipa e está representado na Figura 43. As principais alterações são a inclusão de: um arquivo que contém todos os procedimentos operativos do Centro, disponíveis para consulta; uma zona do quadro reservada a tópicos a serem abordados na reunião de troca de turno de cada dia; uma zona “outros” para se poder escrever tópicos importantes relativos ao Centro, para conhecimento de todos. O plano de ações foi atualizado, como resultado da mais recente auditoria 5S, com as ações a serem cumpridas, foto ilustrativa, responsável, data de conclusão e estado de conclusão.



Figura 43 - Quadro de equipa à entrada do Centro

6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

No presente capítulo apresentam-se os resultados provenientes das propostas de melhoria sugeridas no capítulo anterior. Como não foi possível implementar todas as propostas de melhoria sugeridas até à data de fim do projeto de intervenção na empresa, apresentam-se para as propostas ainda não implementadas os resultados esperados resultantes de uma futura implementação.

6.1 Resultados das propostas de melhoria implementadas

Relativamente às propostas de melhoria efetivamente implementadas na empresa, compara-se o estado atual para o ano de 2019 com os resultados esperados para o próximo ano de 2020, para as propostas em que uma avaliação quantitativa é possível.

6.1.1 Realocação do computador do Centro de Maquinagem

Como resultados da realocação do computador feita e apresentada na secção 5.2.1, obtiveram-se ganhos ao nível de:

- Máquina parada – o facto de o operador que usa o computador ter agora contacto visual com os tornos permite-lhe detetar paragens (olhando para os *andon*) e interromper a programação momentaneamente para voltar a colocar a máquina a trabalhar, reduzindo-se assim o tempo que a máquina está parada.
- Deslocações – Devido à maior proximidade do computador em relação à secção TORN50 (3 metros em vez dos antigos 20), poupa-se tempo em deslocações.

Na Tabela 12 são apresentados os ganhos monetários resultantes desta implementação, tendo-se conseguido uma redução de 55% do desperdício, com uma poupança anual estimada de 7245€.

Tabela 12 - Resultados da realocação do computador do Centro de Maquinagem

	Máquina Parada	Deslocações	Total
2019	- 12 675,00 €	- 527,50 €	- 13 202,50 €
2020	- 5 882,50 €	- 75,00 €	- 5 957,50 €
Redução	54%	86%	55%
			- 7 245,00 €

6.1.2 Implementação do sistema de grampos de troca rápida

A implementação do sistema de troca rápida de grampos para o torno TN-0016, apresentado na secção 5.2.1, permitiu reduzir o tempo de *setup* de 10 minutos para cerca de 15 segundos. Assim, eliminou-se um processo que requeria habilidade e experiência para ser efetuado eficientemente, passando-se a ter um sistema de mais simples utilização, tendo-se assim conseguido reduzir drasticamente a percentagem de tempo que a máquina está parada devido a mudanças de *setups*, como apresentado abaixo na Tabela 13.

Tabela 13 - Resultados da implementação do sistema de grampos de troca rápida

	setup
2019	- 18 862,50 €
2020	- 471,56 €
Redução	98%
	- 18 390,94 €

De notar que este sistema teve um investimento inicial de 3000€ para a aquisição do mesmo. No entanto, ao fim de 41 dias de trabalho, cerca de dois meses, já se terá retorno sobre o investimento feito.

6.1.3 Automatização da preparação de desenhos na programação de torno

A adaptação do processo de preparação dos desenhos pelo operador, antes de fazer os programas de torno, proporcionou a redução do tempo desta operação de uma média de 4 minutos e 30 segundos para 45 segundos, principalmente devido à implementação de uma macro no programa. A redução alcançada com esta melhoria, bem como a poupança anual prevista estão descritas abaixo na Tabela 14.

Tabela 14 - Resultados da automatização da operação de preparação de desenhos

	Tirar linhas	Custos/dia	Custo anual
Média - antes	00:04:30	- 33,95 €	- 8 488,13 €
Média - depois	00:00:45	- 5,66 €	- 1 414,69 €
Redução			83%
			- 7 073,44 €

6.1.4 Sistema de planeamento com *kanban*

A implementação do novo sistema de planeamento com *kanban* trouxe ganhos relativos principalmente à simplificação da apresentação da informação e o mais fácil acesso por parte

de todos os colaboradores. A qualquer momento os operadores do Centro podem visualizar o quadro do planeamento e saber o estado atual da carga no mesmo – um grande número de cartões vermelhos dá logo a perceção visual de um maior número de caixas marcadas como urgentes ou em risco, sabendo-se que estas têm normalmente prioridade, devendo ser processadas primeiro. Isto incute nos operadores um maior senso de responsabilidade na gestão da carga de trabalho atual no Centro, ficando estes mais alerta quando existem no quadro muitos cartões vermelhos. Uma melhoria notória do novo sistema é a clara definição da sequência de trabalho a ser processada em cada máquina; enquanto anteriormente o capitão tinha de empilhar as caixas no *buffer* de cada máquina e explicar a cada operador quais deveriam ser processadas com maior urgência, dando por vezes lugar a enganos (processando uma caixa em vez de outra mais urgente), com o sistema *kanban* qualquer operador sabe exatamente a sequência de caixas que deve processar, não havendo assim espaço para enganos ou trocas. Para além disto, também para o capitão de equipa, engenheiros de processo, supervisor e diretor de produção é mais fácil visualizar o estado da carga no Centro, bem como saber exatamente o que está a ser processado em cada momento, em cada máquina, bastando para isso olhar para o cartão *kanban* afixado nesse momento.

6.1.5 Documentação do Centro

O método de **registo e análise de NCs** implementado funcionou também como uma estratégia de gestão visual, na medida em que cada ocorrência de uma NC é escrita na folha respetiva, presente no quadro do Centro, exposta para a consulta de qualquer pessoa. Deste modo, não querendo ver o seu nome associado a uma não-conformidade, os operadores mudaram o seu sentido de responsabilidade pelos erros, tentando manter a folha de registo de NCs com um registo limpo. As ferramentas de análise às NCs desempenham agora uma importante papel na melhoria contínua do Centro, porque desta análise resultam causas raiz que por sua vez dão lugar a ações concretas, definidas e cumpridas pelos próprios elementos da equipa, na tentativa de erradicar a fonte desse erro, aprendendo-se assim com os erros e reduzindo-se as NCs através da aprendizagem. Não foi, no entanto, possível averiguar o impacto nas NCs do Centro devido à implementação ter sido concluída numa fase já tardia do projeto.

A criação e disponibilização das **premissas de fluxo do Centro** permitiu aumentar a autonomia dos colaboradores. Para os que se encontram a trabalhar neste Centro há menos tempo as premissas são um guia útil que podem consultar para eventuais dúvidas. Para todos os

operadores do Centro permite-lhes gerir mais autonomamente o mesmo, especialmente na ausência do capitão de equipa.

As **folhas de turno** implementadas possibilitaram a recolha de dados relativos às causas de paragens de máquinas e respetiva duração. Deste modo foi possível associar os dados das paragens das máquinas à sua disponibilidade diária, passando-se a ter continuamente a informação dos problemas que estão a fazer com que as máquinas parem mais tempo, tendo-se passado assim a agir em conformidade com os dados, de modo a se atacarem estes problemas e minimizar o *downtime* das máquinas.

Relativamente às **checklists de manutenção autónoma** implementadas nas máquinas do Centro de maquinagem, foi dada a devida formação aos operadores de como a cumprir e sendo estes os responsáveis, já estão a fazer as verificações periódicas semanais ou mensais. Devido à manutenção autónoma para deteção de eventuais problemas ser uma medida com resultados visíveis a médio-longo prazo, não foi possível observar resultados concretos desta implementação ainda dentro do período predeterminado para a realização do projeto. No entanto, espera-se que esta medida ajude na deteção de potenciais problemas, o mais cedo possível, de modo a poderem ser reparados antes que a máquina tenha de estar parada muito tempo por avaria.

6.2 Resultados das propostas de melhoria não implementadas

Nesta secção apresentam-se os resultados esperados, resultantes de uma eventual implementação das propostas de melhoria não implementadas na empresa no decorrer do período de duração definido para este projeto de dissertação.

6.2.1 Reestruturação do processo de conceção de ferramentas

Com a implementação das melhorias propostas na secção 5.1, relativas à proposta de reestruturação do processo de conceção de ferramentas, espera-se reduzir os seguintes desperdícios:

- **Movimentos** – Passando as equipas a trabalhar com as pessoas necessárias no processo de conceção reunidas no mesmo espaço, deixa assim de haver a necessidade de deslocações entre departamentos, reduzindo-se inclusive o risco de perdas/má interpretação da informação aquando da transmissão desta entre departamentos;

também deixam de ser necessárias as atuais longas deslocações de pessoas do Desenho e Projeto à Produção, e vice-versa.

- **Esperas/WIP** – Sendo que os atuais departamentos passariam a trabalhar de uma forma integrada em equipas, o trabalho passaria a ser realizado de um modo mais fluido, funcionando a encomenda do cliente como *kanban* de produção para despoletar os processos de trabalho da Equipa, deixando de existir o atual *buffer* entre Projeto e Desenho; realizar-se-ia *one-piece-flow* desde o pedido do cliente até ao início da produção, pois cada pedido seria trabalhado e processado de forma contínua e ininterrupta pela respetiva Equipa, até ser enviado para produção.
- **Transporte** – Passando a estar o Avaliador (atual Qualidade) integrado nas equipas, deixam de ser necessários os atuais transportes de ferramentas entre departamentos para avaliações (i.e. nas reclamações e nas reparações). Também as ferramentas não necessitarão de ser transportadas da Produção para os departamentos, pois os Equipas trabalharão “em cima” dos acontecimentos, podendo deslocar-se rapidamente ao local onde é necessário alguma observação; Redução dos transportes de documentos físicos e ferramentas/caixas entre departamentos, sendo que a ordem do cliente passaria a ser trabalhada do início ao fim pelas Equipas, no mesmo local, apenas sendo necessário entregar o desenho de fabrico na Produção.
- **Defeitos/Retrabalho** – Espera-se uma redução grande no tempo atualmente perdido a fazer correções aos desenhos vindos do Projeto. O método de trabalho em Equipas pretende, com a participação de todos os seus elementos, produzir um projeto sem erros à partida para que aquando da elaboração do desenho seja possível a utilização direta do trabalho prévio, sem as atuais revisões e correções demoradas que por vezes causam defeitos ou retrabalho para corrigir desenhos quase inutilizáveis.
- **Sobreprocessamento** – A definição de valor passa a ser definida aquando da conceção do produto em conjunto e simultaneamente, pela respetiva Equipa. Isto permite a definição mais clara daquilo que o cliente realmente valoriza na ferramenta, evitando assim a inclusão de características que não acrescentariam valor ao produto, apenas custo.
- **Potencial Humano** – A inclusão de pessoas de diversas áreas no desenvolvimento e conceção do produto permitirá usar as ideias de todos os membros das Equipas, de forma a encontrarem a solução mais adequada para cada caso.

6.2.2 Produção interna de *blanks* HSK

Para a Proposta 1 (a curto prazo), considerando os valores de 2018, onde se compraram 2724 *blanks* HSK, obtém-se uma poupança de 21,64€ por *blank* produzido (em comparação com a atual compra destes), investindo 10.796,90€ – como apresentado na Tabela 15.

Para os valores utilizados, o retorno do investimento (em peças produzidas) para a Proposta 1 é de 499 peças. Isto significa que ao fim de 499 *blanks* produzidos, cerca de 42 dias de trabalho, o investimento estaria recuperado.

Tabela 15 – Retorno do investimento para a proposta 1 (a curto prazo)

Retorno Investimento 1 (pcs.)	499
Saving (por peça)	21,64 €
Investimentos	10 796,90 €

Para a Proposta 2 (a longo prazo), utilizando o valor estimado de 760.000€ aproximado de investimento, o retorno do investimento seria de 35122 peças, como sumarizado na Tabela 16. Nesta proposta os custos de produção e tempos de *setup* seriam certamente inferiores aos dos da proposta 1, por termos uma zona dedicada apenas à produção de *blanks*, quase como uma produção em série; no entanto, os valores usados nesta análise foram os mesmos da proposta 1. O retorno do investimento seria apenas alcançado após cerca de 12 anos e 11 meses, principalmente devido ao plano de aquisição de máquinas de elevado preço.

Tabela 16 – Retorno do investimento para a proposta 2 (a longo prazo)

Retorno Investimento 2 (pcs.)	35122
Saving (por peça)	21,64 €
Investimentos	760 000,00 €

Algumas notas importantes que se deverão ter também em conta: não se deverá analisar apenas o retorno do investimento como único indicador do interesse deste projeto, pois a produção interna de *blanks* trará mais vantagens que não estão quantificadas em termos monetários nesta análise:

- *Savings* relacionados com *stocks*, sendo que os atuais cerca de 172.000€ em *stock* não existiriam como capital parado, podendo ser utilizados noutros investimentos; mais espaço disponível em armazém, etc.

- Redução grande de *Lead Time* gerais de produção de ferramentas que utilizam *blanks* como matéria-prima, sendo que o tempo de processamento de um *blank* seria de apenas 190 minutos, em contraste com os atuais tempos de entrega de semanas. Para além disto o grupo passaria a ser independente dos fornecedores atuais de *blanks*, passando a poder produzir quando lhe convier, ao invés de estar dependente dos *stocks* deles para poder satisfazer as encomendas de clientes a tempo.

6.3 Análise de indicadores do Centro de Maquinagem

No presente subcapítulo são apresentados e analisados os resultados obtidos pelo Centro de Maquinagem ao nível dos principais indicadores de *performance*. É feita a exposição dos indicadores e a sua comparação em relação aos medidos no início do projeto (análise inicial descrita na secção 4.3.2).

Analizando o gráfico da Figura 44, é possível observar que a partir de abril, mês a partir do qual se começaram a implementar as propostas, os valores médios para a disponibilidade mensal dos tornos não sofreram grandes alterações, tendo-se mantido mais ou menos constante. De realçar que nestes meses a secção teve apenas um operador, a trabalhar um único turno por dia, devido à ausência dos dois restantes colegas por motivos de baixa médica.

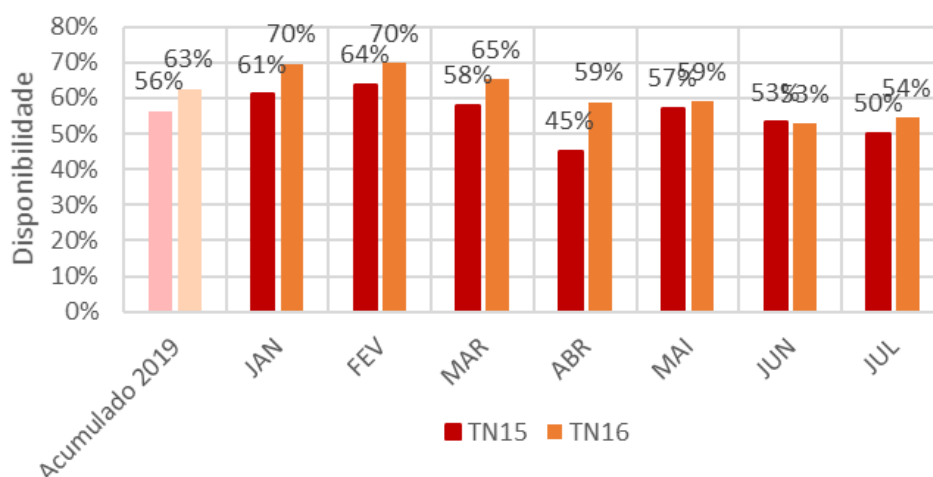


Figura 44 - Nível de ocupação dos tornos

Assim, os valores são aceitáveis na medida em que apenas um operador num turno, estando responsável por duas máquinas e por fazer os programas de maquinação de peças previamente naturalmente não consegue manter as duas ocupadas em tão grande proporção do tempo como se tivesse ajuda de outro colega. No entanto, como o gráfico da Figura 45

permite observar, a produtividade na secção TORN50 aumentou, quer em número de peças produzidas, quer no valor monetário produzido.



Figura 45 - Produtividade da secção TORN50

Isto significa que os processos foram melhorados com as propostas implementadas, embora não se tendo obtido grandes alterações ao nível da ocupação das máquinas (devido em grande parte à presença de apenas um operador), principalmente devido às melhorias de processo – otimização dos percursos, ferramentas e parâmetros de corte. A Tabela 17 sumariza os ganhos obtidos, em percentagem, no número de ferramentas produzidas e do seu valor monetário.

Tabela 17 - Ganhos no output da secção TORN50

	Média (Jan-Abr)	Média (Mai-Jul)	Ganho
Nº Ferramentas produzidas por dia	25,5	31,7	+ 24,2%
Valor monetário (€)	8.786€	13.707€	+ 56,0%

Relativamente aos resultados produtivos do Centro, é possível observar na Tabela 18 os ganhos obtidos nos meses após o início da implementação das propostas de melhoria, comparativamente com os meses anteriores.

Tabela 18 - Ganhos na produção do Centro de Maquinagem

	Média (Jan-Abr)	Média (Mai-Jul)	Ganho
Nº Ferramentas produzidas por dia	31,7	33,6	+ 6,0%
Valor monetário (€)	10.218€	13.874€	+ 35,8%

Nas restantes secções do Centro a produtividade também aumentou, bem como o nível de ocupação das máquinas – a Tabela 19 apresenta os ganhos produtivos obtidos na secção FRES50.

Tabela 19 - Ganhos no output da secção FRES50

	Média (Jan-Abr)	Média (Mai-Jul)	Ganho
Nº Ferramentas produzidas por dia	23,5	25,1	+ 6,8%
Valor monetário (€)	7.410€	10.469€	+ 41,3%

Na Tabela 20 é apresentado o ganho percentual obtido no tempo de ocupação das máquinas, na mesma secção.

Tabela 20 - Ganhos na percentagem de ocupação das máquinas da secção FRES50

	Média (Jan-Abr)	Média (Mai-Jul)	Ganho
% de ocupação das máquinas	56%	74%	+ 32,1%

A secção FRAM50 tem sumarizados, nas duas tabelas que se seguem, os ganhos obtidos nos últimos meses após as implementações feitas no Centro: na Tabela 21 os ganhos relativos ao *output* da secção.

Tabela 21 - Ganhos no output da secção FRAM50

	Média (Jan-Abr)	Média (Mai-Jul)	Ganho
Nº Ferramentas produzidas por dia	3,3	8,5	+ 157,6%
Valor monetário (€)	1.325€	3.281€	+ 147,6%

Na Tabela 22 indica-se o ganho na percentagem média de tempo de ocupação da máquina, que neste caso foi quase insignificante.

Tabela 22 - Ganhos na percentagem de ocupação da máquina da secção FRAM50

	Média (Jan-Abr)	Média (Mai-Jul)	Ganho
% de ocupação das máquinas	66%	67%	+ 1,5 %

7. CONCLUSÃO

Neste capítulo apresentam-se as principais conclusões deste projeto, realizado no âmbito da presente dissertação de mestrado. Adicionalmente, são apresentadas algumas sugestões de trabalho com potencial impacto positivo, a ser desenvolvido no futuro.

7.1 Conclusões

Foi inicialmente definido, como objetivo principal do projeto, a melhoria e desenvolvimento do Centro de Maquinagem e respetiva cadeia de valor de modo a melhorar-se a sua produtividade. Através de um foco não só no processo produtivo em si, mas também nas atividades e processos adjacentes que fazem parte de todo o percurso de um produto, procurou-se alcançar o objetivo proposto com a proposta de melhorias em diversas partes da cadeia de valor. Assim, estudaram-se as características dos produtos e matérias-primas principais, assim como os respetivos sistemas de abastecimento, equipamentos e capacidades necessários, tendo-se normalizado processos produtivos, indo-se assim de encontro aos vários objetivos concretos do projeto.

Encontraram-se algumas dificuldades no decorrer do projeto, como seria expectável. A resistência à mudança por parte dos colaboradores, aliada à dificuldade do cumprimento e manutenção de um compromisso de melhoria contínua da parte de cada um foi talvez a maior. Embora a empresa se apresente recetiva à receção de propostas de mudança e melhorias, por vezes a implementação destas é um obstáculo especialmente quando envolve pessoas de vários departamentos, sendo um processo demasiado moroso e demorado.

Relativamente aos resultados obtidos com o projeto realizado, a realocação do computador do CMAQ possibilitou a redução do tempo de máquina parada em 54% e das deslocações realizadas em 86%, tendo-se obtido uma redução de 55% do custo monetário total associado e uma poupança estimada de 7245€ ao final do ano. A implementação de um sistema de grampos de troca rápida num dos tornos permitiu reduzir-se o tempo de *setup* de 10 minutos para 15 segundos, em média, numa redução de 98% que permitirá poupar cerca de 18390€ ao fim de cada ano, apenas se considerando o tempo perdido na troca das ferramentas; mais vantagens relacionadas com os ganhos de flexibilidade no planeamento da carga não foram considerados neste valor, sendo no entanto, relevantes. De notar que este sistema pode ser no futuro aplicado também ao outro torno, duplicando-se assim a poupança anual estimada.

A automatização da preparação de desenhos técnicos de produção permitiu, principalmente através da implementação de uma macro, reduzir o tempo de operação em 83%, poupando-se uma estimativa de 7073€ anualmente. A implementação do novo sistema de planeamento do CMAQ com recurso a *kanban* permitiu simplificar a informação e torná-la mais visual e acessível a todos os colaboradores, sabendo estes que trabalho devem fazer de seguida. A atualização e implementação de diversas ferramentas e documentação no CMAQ permitiram aumentar a autonomia dos colaboradores deste Centro produtivo, nomeadamente no que diz respeito à: análise de problemas e defeitos produtivos e definição das respetivas ações combativas; gestão autónoma do sequenciamento de carga do Centro; passagem de informação de turno e recolha de dados relativos a problemas e paragens de máquina; realização da manutenção autónoma das máquinas que cada colaborador opera, esperando-se neste ponto a deteção atempada de potenciais problemas.

Em relação às propostas apresentadas mas ainda não implementadas na prática espera-se, com a reestruturação do processo de conceção de ferramentas, uma melhor integração e interoperabilidade de departamentos, possibilitando-se assim a redução de inúmeros desperdícios atualmente visíveis, o aumento da produtividade, a diminuição dos defeitos à conceção (e por conseguinte de grande parte dos custos associados) e a redução do tempo de entrega ao cliente. A proposta de produção interna de *blanks* HSK traria grandes benefícios principalmente a nível da redução de *lead time* total e do dinheiro parado em *stock*, estimando-se uma poupança anual de 20407€ no mesmo ano da implementação a curto prazo, considerando-se apenas o que se economizaria em termos produtivos.

Examinando-se os resultados de produtividade obtidos no CMAQ, são notórios os ganhos alcançados após as melhorias implementadas: o Centro viu um aumento de 6% no número de ferramentas produzidas e um aumento de 35,8% no valor monetário produzido diariamente no Centro. Individualmente, a secção produtiva mais crítica - TORN50, aumentou em 24,2% o número de ferramentas produzidas e em 56% o valor monetário produzido diariamente. A secção FRES50 teve também um aumento de 6,8% no número de ferramentas e de 41,3% no valor monetário. A secção FRAM50 viu ganhos de 157,6% na quantidade produzida de ferramentas e de 147,6% no valor monetário gerado. Relativamente à ocupação média das máquinas, a secção TORN50 não teve grandes alterações, tendo-se no entanto passado de dois colaboradores para apenas um, por turno; nas secções FRES50 e FRAM50 observaram-se ganhos de 32,1% e 1,5%, respetivamente.

Assim, o projeto demonstrou ter cumprido o objetivo principal, através da melhoria geral da produtividade do processo. As propostas apresentadas vão de encontro aos objetivos definidos, bem como aos respetivos resultados esperados.

7.2 Trabalho futuro

Dado que o trabalho de melhoria contínua consiste em ciclos consecutivos de aprimoramento e eliminação de desperdícios, identificar-se-ão sempre pontos passíveis de melhoria. Deste modo, terminado o período definido para a realização deste projeto, impõem-se neste momento os principais pontos suscetíveis a intervenções de melhoria no futuro:

- Otimização do processo de programação das secções FRES50 e FRAM50, que atualmente é demorado e causa por vezes paragens de máquinas por falta de programas feitos.
- Fazer a transição da programação 2D para programação 3D, na secção TORN50, havendo vantagens em termos de automatização de processo, visualização do trabalho e melhor deteção automática de colisões e erros.
- Adaptação do *layout* produtivo geral da FMT, passando-se do atual modo de trabalho, similar a produção por oficinas de trabalho, para um sistema produtivo por células.

Implementação de um sistema que registe automaticamente os vários componentes do indicador OEE (Overall Equipment Effectiveness), possibilitando assim um controlo dos indicadores de desempenho bastante mais aproximado da realidade, incluindo-se informação de Desempenho e Qualidade, sendo que atualmente apenas a parcela da Disponibilidade é considerada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alam, A. W., Shebab, E., Abdalla, H., Al-Ashaab, A., Sulowski, R., & Alam, R. (2013). An Innovative Cost Modelling System to Support Lean Product and Process Development. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 65(1–4), 165–181.
- Baudin, M. (2007). *Working with Machines: The Nuts and Bolts of Lean Operations with Jidoka* (1st ed.). NY: Productivity Press.
- Becker, J. E. (2001). Implementing 5S: To Promote Safety & Housekeeping. *Professional Safety*, 46(8), 29–31. Retrieved from <https://search.proquest.com/docview/200459377?accountid=39260%0A%0A%0A>
- Becker, R. M. (1998). Lean Manufacturing and the Toyota Production System. In *Encyclopedia of world biography*. Retrieved from <http://vietnamsupplychain.com/assets/upload/file/publication/1303269779171-3034.pdf>
- Cakmakci, M. (2009). Process improvement: performance analysis of the setup time reduction-SMED in the automobile industry. *Int J Adv Manuf Technol*, 41(1–2), 168–179. <https://doi.org/10.1007/s00170-008-1434-4>
- Coghlan, D., & Brannick, T. (2014). *Doing Action Research in Your Own Organization* (4th ed.; J. Seaman, Ed.). Retrieved from https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=c_CGAwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Doing+Action+Research+in+Your+Own+Organisation&ots=_NQV-tmb5L&sig=o5BZtrT4a6dFJHjWR1_OgZmiu2Y&redir_esc=y#v=onepage&q=Doing+Action+Research+in+Your+Own+Organisation&f=
- Costa, E., Sousa, R., Bragança, S., & Alves, A. (2013). An Industrial Application of the SMED Methodology and Other Lean Production Tools. *4th International Conference on Integrity, Reliability and Failure of Mechanical Systems*. Funchal, Madeira.
- Costa, S. (2018). *Desenvolvimento e implementação de um sistema de melhoria contínua numa empresa multinacional de ferramentas de corte, Dissertação de Mestrado* (Universidade do Minho). Retrieved from <https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/56117>
- Eden, C., & Huxham, C. (1996). Action Research for Management Research. *British Journal of Management*, 7(1), 75–86. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8551.1996.tb00107.x>
- Frezite Ferramentas de Corte S.A. (2019). Valores. Retrieved September 4, 2019, from Valores website: <https://www.frezitegroup.com/pt/grupo/valores>
- Galsworth, G. D. (1997). *Visual Systems: Harnessing the Power of Visual Workplace*. NY, USA: AMACOM.
- Ghinato, P. (2010). Sistema Toyota de Produção: Mais do Que Simplesmente Just-in-Time. *Production*, 5(2), 169–189. Retrieved from <http://www.scielo.br/pdf/prod/v5n2/v5n2a04.pdf>
- Higgins, E. (2001). *Food Engineering. Faster Better Changeover*.
- Hirano, H. (1988). *JIT Factory Revolution: A Pictorial Guide to Factory Design of the Future* (1st ed.). OR: Productivity Press.
- Imai, M. (1997). *Gemba Kaizen: A Commonsense, Low-Cost Approach to Management*. London, UK: McGraw-Hill.
- Khan, M. S., Al-ashaab, A., Shehab, E., Haque, B., Ewers, P., Sorli, M., & Sopelana, A. (2013). Towards lean product and process development. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 26(12), 1105–1116.

- <https://doi.org/10.1080/0951192X.2011.608723>
- Kouri, I. A., Salmimaa, T. J., & Vilpola, I. H. (n.d.). The principles and planning process of an electronic kanban system. *19th International Conference on Production Research*.
- Kumar, C. S., & Panneerselvam, R. (2007). Literature review of JIT-KANBAN system. *Int J Adv Manuf Technol*, 32(February), 393–408. <https://doi.org/10.1007/s00170-005-0340-2>
- Lean Enterprise Institute, I. (n.d.). Principles of Lean. Retrieved July 7, 2019, from <https://www.lean.org/WhatsLean/Principles.cfm>
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer* (1st ed., Vol. 2004). Madison, WI: McGraw-Hill.
- Liker, J. K., & Morgan, J. M. (2006). The Toyota Way in Services: The Case of Lean Product Development. *Academy of Management Perspectives*, 20(2), 5–20. <https://doi.org/10.5465/amp.2006.20591002>
- Maia, L. C., Alves, A. C., & Leão, C. P. (2012). Implementar o modelo de produção Lean na ITV: porquê e como? *Nova Têxtil*, 99, 18–23. Retrieved from <https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/20082>
- Maskell, B. H., & Kennedy, F. A. (2007). Why Do We Need Lean Accounting and How Does It Work? *Journal of Corporate Accounting and Finance*, 18(3), 59–73.
- Mcintosh, R. I., Culley, S. J., Mileham, A. R., & Owen, G. W. (2000). A critical evaluation of Shingo's "SMED" (Single Minute Exchange of Die) methodology. *International Journal of Production Research*, 38(11), 2377–2395. <https://doi.org/10.1080/00207540050031823>
- Mcintosh, R. I., Culley, S. J., Mileham, A. R., & Owen, G. W. (2001). *Improving Changeover Performance*. Oxford: Butterworth Heinemann.
- Melton, T. (2005). The Benefits of Lean Manufacturing. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6), 662–673. <https://doi.org/10.1205/cherd.04351>
- Mitra, D., & Mitrani, I. (1990). Analysis of a Kanban Discipline for Cell Coordination in Production Lines. *Management Science*, 36(12), 1548–1567.
- Monden, Y. (1998). *Toyota Production System - an Integrated Approach to Just-In-Time* (3rd ed.). https://doi.org/10.1007/978-3-642-27922-5_14
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System*. FL: CRC Press.
- Robson, C. (2002). *Real World Research* (2nd ed.). Malden: Blackwell Publishing.
- Roman, D. J., Piana, J., Lozano, M. A. S. P. e L., de Mello, N. R., & Erdmann, R. H. (2012). Fatores de competitividade organizacional. *Brazilian Business Review*, 9(1), 27–46. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/1230/123023626002.pdf>
- Roser, C. (2017). Anatomy of the Toyota Kanban. Retrieved September 13, 2019, from <https://www.allaboutlean.com/toyota-kanban/>
- Sarker, B. R., & Balan, C. V. (1998). Operations planning for a single-stage kanban system operating under linear demand. *International Journal of Production Research*, 36(2), 357–375. <https://doi.org/10.1080/002075498193787>
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2007). *Research Methods for Business Students* (4th ed.). Pearson Education.
- Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Cambridge, MA: Productivity Press.
- Shingo, S. (1989). *A Study of the Toyota Production System - From an Industrial Engineering Viewpoint*. Cambridge, MA: Productivity Press.
- Silva, C., Tantardini, M., Staudacher, A. P., & Salviano, K. (2010). Lean production implementation: A survey in Portugal and a comparison of results with Italian, UK and USA companies. In R. Sousa & H. C. C. Portela, S. S. Pinto (Eds.), *17th International Annual*

- EurOMA Conference -Managing Operations in Service Economics*. Retrieved from <https://re.public.polimi.it/handle/11311/580100>
- Smith, S. (2014). Muda , Muri and Mura. *ASQ Six Sigma Forum Magazine*, 13(2), 36–37. Retrieved from <https://search.proquest.com/docview/1505315316?accountid=39260>
- Sobek II, D. K., Ward, A. C., & Liker, J. K. (1998). Another Look at How Toyota Integrates Product Development. *Harvard Business Review*, 76(4), 36–50. Retrieved from <https://hbr.org/1998/07/another-look-at-how-toyota-integrates-product-development>
- Sugai, M., McIntosh, R. I., & Novaski, O. (2007). Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso. *Gest. Prod.*, 14(2), 323–335.
- Tashakkori, A., & Teddlie, C. (1998). *Mixed Methodology: Combining Qualitative and Quantitative Approaches*. Retrieved from [https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=qtW04-pRJZ0C&oi=fnd&pg=PR9&dq=Mixed+Methodology:+Combining+Qualitative+and+Quantitative+Approaches&ots=6gasnB56vT&sig=IRp_2VLcyBY8Uy-0ehNZvR3G9gk&redir_esc=y#v=onepage&q=Mixed Methodology%3A Combining Qu](https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=qtW04-pRJZ0C&oi=fnd&pg=PR9&dq=Mixed+Methodology:+Combining+Qualitative+and+Quantitative+Approaches&ots=6gasnB56vT&sig=IRp_2VLcyBY8Uy-0ehNZvR3G9gk&redir_esc=y#v=onepage&q=Mixed+Methodology%3A+Combining+Qu)
- Ward, A. C., & Sobek II, D. K. (2014). *Lean Product and Process Development* (2nd ed.). Cambridge, MA: Lean Enterprise Institute, Inc.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking*. <https://doi.org/10.1007/BF01807056>
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine that Changed the World*. Retrieved from https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=_n5qRfaNv9AC&oi=fnd&pg=PR7&dq=the+machine+that+changed+the+world&ots=cs5qD3FSx9&sig=ZtKKiDcV23PSsb3XrrIA0bXBK68&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

ANEXO I – EXEMPLO DE UMA ORDEM DE FABRICO




FREZITE Portugal - Divisão 100		ORDEM DE FABRICO	Data 2017-06-21	Página 1(1)
Nr OF	1726184 			Pri 0
Nr do produto	E991.4025 			
Ref ord	0201725231 8 0 			
Nome FRESA PCD		90.90 S=HSK-A63 DP Z2+2/RH		
	Qtd da encomenda 4	UMf UN	Número desenho	
Seq	Nr componente		Reservada	
Op	Cnt trb		Tmp exec	
	2BM13.0004.3			
	1010TOOL BLANK HSKA63 Ø105 L200		4	UN
Seq	Nr componente		Reservada	
Op	Cnt trb		Tmp exec	
	SRTE50			
1010	CORTAR PATELA			
	TORN50			
1020	TORNEAR CONFORME DESENHO			
	FRES50			
1025	FRESAGEM			
	4Q6.0202.00			
	1031BLANK PCD ESP 2.0 D=76 DB010		968	mm2
	ELER50			
1031	ELECTROEROSÃO			
	SOLD50			
1065	SOLDADURA			
	OXID50			
1070	OXIDAÇÃO			
	CTDT50			
1080	DIÂMETRO DE AFIAMENTO/PERFIL			
	RTDT50			
1085	RECTIFICAÇÃO DIAMANTE			
	6PR001.19			
	1150PERNO DIN 916 M8X8		24,0000	UN
	89897.0120			
	1150TUBO REFRIGERAÇÃO HSK63		4	UN
	MONT50			
1150	MONTAR CONFORME DESENHO			
	INSP50			
5000	INSPECÇÃO FINAL			

Figura 46 - Exemplo de uma ordem de fabrico na FMT

ANEXO II – REGISTO DE TEMPOS DE ATIVIDADES (DESENHO)

Tabela 23 - Registo de tempos durante sete dias de trabalho, para um desenhador

Tipo	Atividade	Estado	12/05/2016	13/05/2016	16/05/2016	17/05/2016	18/05/2016	19/05/2016	20/05/2016
Disponibilidade, Planeada	Plano Vazio - Nada para fazer	0	0	0	0	0	0	0	0
	Reportar ao supervisor/superior	0	0	0	0	0	0	0	0
	Preparar o reporte ao supervisor/superior	0	0	0	0	0	0	0	0
	Participar numa formação planeada	0	0	0	0	0	0	0	0
	Dar uma formação planeada	0	0	0	0	0	0	0	0
	Preparar uma formação	0	0	0	0	0	0	0	0
	Viagens	0	0	0	0	0	0	0	0
Disponibilidade, Não Planeada	Interrupções (questões, pedidos de ajuda, etc.)	3,5	1,5	1	0,25	0	0,75	0	0
	Espera (pessoas, pc, informação etc.)	0	0	0	0	0	0	0	0
	Deslocação entre reuniões	0	0	0	0	0	0	0	0
	Setup - reler / rever para começar de novo a atividade	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0
	Procura de informação / pessoas / materiais	0	0	0	0	0	0	0	0
	Separar/Triar (informação, e-mails, spam etc.)	2,75	0,25	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0,5
Performance	Falhas do sistema (computador, impressora, etc.)	0,25	0	0	0,25	0	0	0	0
	Falta de software / Não ter permissão	0	0	0	0	0	0	0	0
	Tarefa difícil (Muitas interfaces, falta de descrição do processo, erros na transferência de dados/documentos, input duplicado, importação/exportação manual de dados/documentos)	0	0	0	0	0	0	0	0
	Tarefa durou mais que o planeado (standard)	2	0	0,25	0	1	0	0,75	0
	Troca/Passar informação / trabalho	0	0	0	0	0	0	0	0
	Preparar reuniões / actividades	0	0	0	0	0	0	0	0
	Seguimento de reuniões / actividades	0	0	0	0	0	0	0	0
	Coaching a um colega	0	0	0	0	0	0	0	0
Qualidade	Checkar um documento	0	0	0	0	0	0	0	0
	Reaprender	0	0	0	0	0	0	0	0
	Retrabalho (Alteração de OF, Correção de desenhos,...)	1,25	0	0,25	0	0,75	0,25	0	0
	Responder mais que uma vez ao mesmo assunto	0	0	0	0	0	0	0	0
Tarefas sem valor acrescentado	Produzir informação que nunca vai ser usada	0	0	0	0	0	0	0	0
	Participar em reunião sem valor acrescentado / resultado	0	0	0	0	0	0	0	0
	Telefonemas / email / documentos administrativos sem valor acrescentado	0,25	0	0	0,25	0	0	0	0
	Coisas pessoais	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pausas	4,25	0,75	0,75	0,5	0,5	0,75	0,5	0,5
	Trabalho sem valor acrescentado	1,5	0	0	0	0,25	0	0,75	0,5
		0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0
Tarefas de valor acrescentado	Reuniões / telefonemas / emails relacionadas com o trabalho (na duração planeada)	2,25	0,5	0,25	0,5	0,25	0,25	0,25	0,25
	Fazer desenho de Produção (na duração estimada)	31,5	4,5	3,25	4,5	4	4,75	5	5,5
	Fazer desenho de Cliente (na duração estimada)	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ação de melhoria PDCA	0	0	0	0	0	0	0	0
	Criar OF	5,25	0,25	1,25	1,25	0,75	0,75	0,25	0,75
	Medição de ferramentas (serviços)	0	0	0	0	0	0	0	0
	Conversa com colega de equipa sobre trabalho (esclarecimentos/resolução de problemas)	1	0	0,5	0,5	0	0	0	0

ANEXO III – NÃO-CONFORMIDADES TORN50 E FRES50

Não-Conformidade	Jan	Fev	Mar	Abr	TOT
Torneamento não conforme		4	1		5
Corpo fora de cotas	2	2			4
Ferramenta danificada	1	3			4
Fresagem não conforme	2				2
Encabadoiro fora de especificação - mais fraco			1		1
Rectificação não conforme/fora de especificação		1			1
Furo fora de cotas			1		1
Acabamento fora de especificação			1		1
Rosca não conforme especificação			1		1
Bit esmilhado				1	1
Batimento fora de especificação		1			1
Furo de lubrificação não conforme				1	1
TOT	5	11	5	2	23

Causa	Jan	Fev	Mar	Abr	TOT
Programa errado	2	5			7
Introdução de parâmetros incorrectos		3		1	4
Controlo errado	1		3		4
Broca partiu ao fazer o furo	1	1	1		3
Interpretação errada do desenho				1	1
Aperto incorrecto		1			1
Fresagem mal efectuada	1				1
Avaria da máquina		1			1
TOT	5	11	5	2	23

Figura 47 - Não-conformidades TORN50 e FRES50

ANEXO IV – NÃO-CONFORMIDADES FRAM50

Não-Conformidade	Jan	Fev	Mar	Abr	TOT
Fresagem não conforme		1		3	4
Furos inexistentes	3				3
Ferramenta danificada		2			2
Furo desviado			1		1
Torneamento não conforme		1			1
Encaixe fora de especificação	1				1
Rosca não conforme especificação	1				1
Rosca(s) inexistente(s)			1		1
Folga entre bit e caixa		1			1
Diâmetro fora de especificação - mais fraco		1			1
Corpo danificado por impacto			1		1
TOT	5	6	3	3	17

Causa	Jan	Fev	Mar	Abr	TOT
Fresagem mal efectuada		1	2		3
Controlo errado		1	1	1	3
Soldadura incorreta			2		2
Manuseamento incorrecto				2	2
Preparação de trabalho errada		2			2
Comunicação inadequada		1			1
Broca partiu ao fazer o furo				1	1
TOT	5	6	3	3	17



Figura 48 - Não-conformidades FRAM50

ANEXO V – CHECKLIST DE MANUTENÇÃO AUTÓNOMA

Tabela 24 - Exemplo de checklist de manutenção autónoma, para o torno TN-0016

Foto	Atividades	Periodicidade
	Verificação de danos por pancada e/ou folgas no interior da máquina.	Semanal
	Limpeza das janelas de visualização e focos de luz do interior da máquina.	Semanal
	Limpeza da zona envolvente da máquina.	Semanal

	<p>Limpeza do painel de controlo.</p>	<p>Semanal</p>
	<p>Testar botão de emergência.</p> <p>Se não funcionar, criar pedido no MWW sobre o mesmo.</p>	<p>Semanal</p>
	<p>Verificação de movimento fácil das portas de correr.</p> <p>Se necessário limpar e lubrificar trilhos das portas.</p>	<p>Mensal</p>
	<p>Verificação do funcionamento dos ventiladores da porta do armário de conexões.</p> <p>Caso não estejam, criar pedido no MWW</p>	<p>Mensal</p>

	<p>Controlo do nível de óleo do reservatório da central automática.</p> <p>Se necessário acrescentar OL012</p>	<p>Semanal</p>
	<p>Verificação do nível de óleo de lubrificação.</p> <p>Caso esteja baixo, alertar Manutenção</p>	<p>Mensal</p>
	<p>Inspeção Auditiva de fugas de ar.</p> <p>Caso ocorram, alertar Manutenção.</p>	<p>Semanal</p>
	<p>Teste sobre a geração de ruído anormal nos eixos.</p>	<p>Semanal</p>

ANEXO VI – FOLHA DE REGISTO DA MANUTENÇÃO AUTÓNOMA



MÁQUINA: TN-0016 - Torno *Puma Doosan*
 SETOR: Centro de Maquinagem CENTRO DE CUSTO: MO004

REGISTO MANUTENÇÃO AUTÓNOMA

		AGOSTO 2019				
Nº ATIV.	DESCRIÇÃO ATIVIDADE	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5
		2ª FEIRA Data: _____	2ª FEIRA Data: _____	2ª FEIRA Data: _____	2ª FEIRA Data: _____	2ª FEIRA Data: _____
1	Pancadas/ folgas?					
2	Limpeza janelas e luz					
3	Limpeza zona envolvente					
4	Limpeza Painei controlo					
5	Teste botão emergência					
6	Movimento e lub. Portas					
7	Ventiladores porta armário					
8	Nível OL012 central automática					
9	Nível óleo de lubrificação					
10	Fugas de ar?					
11	Ruído anormal eixos?					

Nota: As atividades devem ser efetuadas sempre no início do turno, à 2ª Feira.

OPERAÇÕES

MANUTENÇÃO

Registo Verificado por: _____ DATA _____

DATA _____

ASSINATURA RESPONSÁVEL

ASSINATURA RESPONSÁVEL

Figura 49 - Exemplo de folha de registo da manutenção autónoma, para o torno TN-0016

ANEXO VII – ANÁLISE DE NCs: DIAGRAMA DE ISHIKAWA

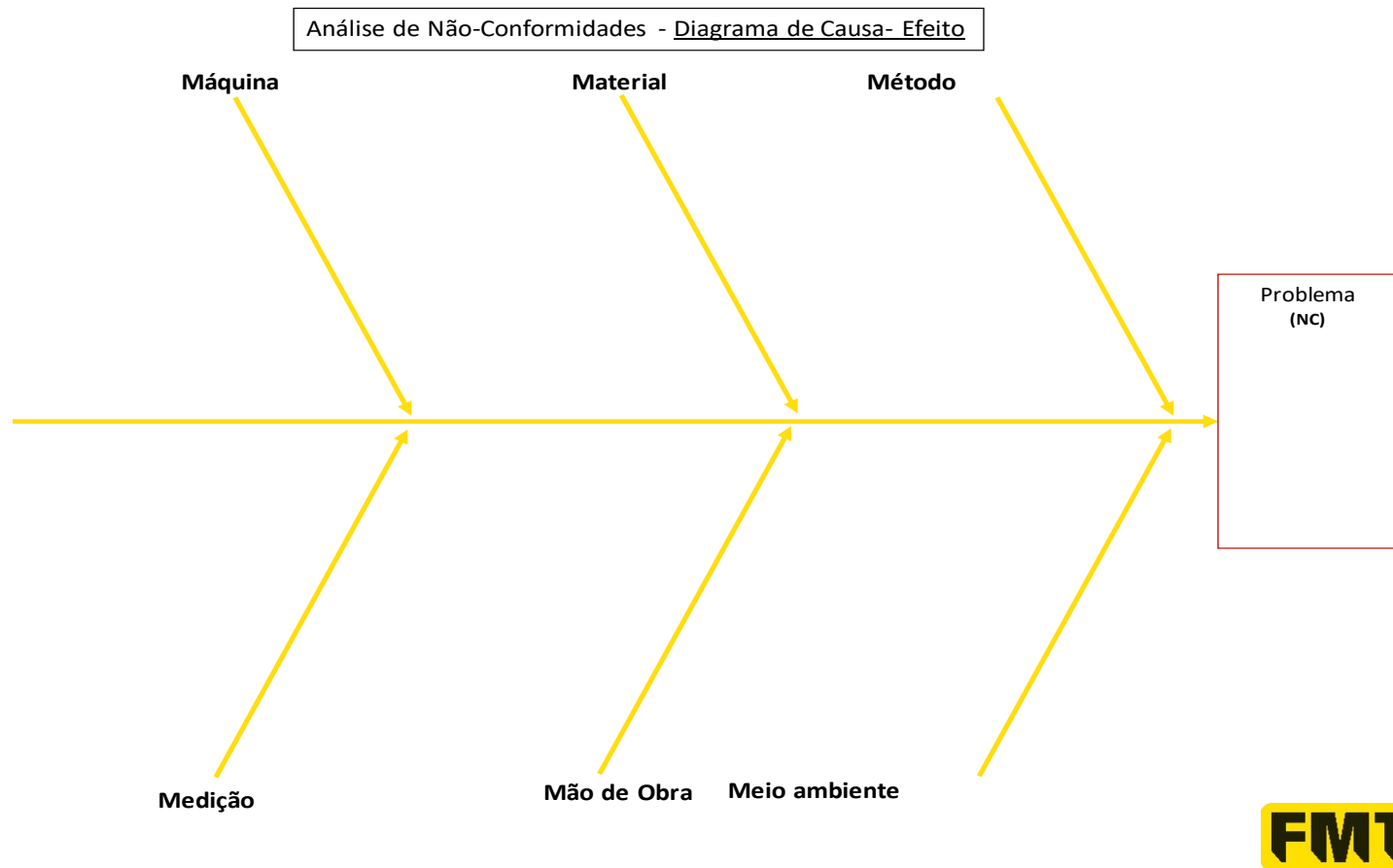


Figura 50 - Diagrama de Ishikawa para a análise de não-conformidades

ANEXO VIII – ANÁLISE DE NCS: 5 PORQUÊS

	Qual é a causa mais relevante?	Qual é a causa mais relevante?

Figura 51 - 5 Porquês para a análise de não-conformidades

ANEXO IX – PREMISSAS DO CENTRO DE MAQUINAGEM



FREZITE – Ferramentas de Corte, SA

PO M DP ZZZ - Premissas de fluxo de produção

Production flow premises

Rev. 0

17.07.2019

Pág. 1 de 3

1. OBJETIVO E ÂMBITO | OBJECTIVE AND SCOPE :

Descrever as premissas a seguir no processamento do trabalho, no Centro de Maquinagem.

Describe the premises to comply to in the processing of work, at the Machining Center.

2. PROCEDIMENTO, ATIVIDADES E RESPONSABILIDADES | PROCEDURE, ACTIVITIES AND RESPONSABILITIES

2.1 Tipos de máquinas e operações | Types of machines and operations

2.1.1 Torneamento | Turning

- a. Aperto Mecânico/ Construção Soldada | *Indexable Tools/ Brazed Tools:*

TN15

TN16 (mais rápida, mais precisa) | *(faster, more accurate)*

- b. Escareadores | *Countersinks:*

TN16

2.1.2 Fresagem | Milling

- a. Aperto Mecânico/ Construção Soldada | *Indexable Tools/ Brazed Tools:*

CM07 - C.B. FERRARI A152 (5 EIXOS) | *(5 axis)*

- b. Construção Soldada: | *Brazed tools*

CM16 - DMG/DECKEL DMU 70 (máquina com mais precisão, 3+2 EIXOS) | *(machine with more precision, 3+2 axis)*

CM14 - DMG/DECKEL DMU50 EVO (máquina mais rápida, 5 EIXOS) | *(fastest machine, 5 axis)*

CM06 - C.B. FERRARI A13 (5 EIXOS) | *(5 axis)*

CM20 - DMG CTX (5 EIXOS) | *(5 axis)*

- c. Buris | *Cartridges:*

CM15 - HAAS VF2 (3 EIXOS) | *(3 axis)*

- d. Escareadores | *Countersinks:*

CM15 - HAAS VF2 (3 EIXOS) | *(3 axis)*

CM16 - caso os escareadores tenham furo inclinado | *case the countersinks have a slanted hole*

2.2 Regras da programação | Programming Rules:

- a. Encabadouros | *Shanks:*

Qualquer máquina (mas preferencialmente **CM06**).

Any machine (but preferably CM06)

- b. HSK 63:

comprimento $\leq 250\text{mm}$ - podem entrar em qualquer máquina;

length $\leq 250\text{mm}$ – any machine;

comprimento $> 250\text{mm}$ - **CM16 / CM20**.

length $> 250\text{mm}$ – CM16 / CM20.

- c. ISO40 / ISO30:

Comprimento $\leq 100\text{mm}$ - qualquer máquina;

Length $\leq 100\text{mm}$ – any machine;

Comprimento $> 100\text{mm}$ - **CM06**, ou com o contraponto no **CM20**.

Length $> 100\text{mm}$ – CM06, or with the tailstock in CM20.

- d. HSK80:

CM06 / CM20.

- e. HSK100:

CM06 / CM20.

- f. Reparações | *Repairs:*

CM06

Figura 52 - Premissas de fluxo produtivo do Centro de Maquinagem

ANEXO X – FOLHA DE TURNO

Folha standard semanal de turno - CMAQ

Máquina: **TN-0016**

Responsáveis:

e

Datas: ___/___ a ___/___



		h início	(Caixa, peças) <small>ex: (2319, 5) (3316, 12)</small>	Problemas	Duração	Troca de Turno
2 a F e i r a	T1			<input type="checkbox"/> avaria		
				<input type="checkbox"/> sem programas		
				<input type="checkbox"/> problemas progs.		
		h troca	objetivo turno: 20 peças	<input type="checkbox"/> manutenção		
			<input type="checkbox"/> sem carga			
T2		h fim		<input type="checkbox"/> avaria		
			<input type="checkbox"/> sem programas			
			<input type="checkbox"/> problemas progs.			
			objetivo turno: 20 peças	<input type="checkbox"/> manutenção		
		<input type="checkbox"/> sem carga				
3 a F e i r a	T1		h início (Caixa, peças)	<input type="checkbox"/> avaria		
				<input type="checkbox"/> sem programas		
				<input type="checkbox"/> problemas progs.		
		h troca	objetivo turno: 20 peças	<input type="checkbox"/> manutenção		
			<input type="checkbox"/> sem carga			
T2		h fim		<input type="checkbox"/> avaria		
			<input type="checkbox"/> sem programas			
			<input type="checkbox"/> problemas progs.			
			objetivo turno: 20 peças	<input type="checkbox"/> manutenção		
		<input type="checkbox"/> sem carga				
4 a F e i r a	T1		h início (Caixa, peças)	<input type="checkbox"/> avaria		
				<input type="checkbox"/> sem programas		
				<input type="checkbox"/> problemas progs.		
		h troca	objetivo turno: 20 peças	<input type="checkbox"/> manutenção		
			<input type="checkbox"/> sem carga			
T2		h fim		<input type="checkbox"/> avaria		
			<input type="checkbox"/> sem programas			
			<input type="checkbox"/> problemas progs.			
			objetivo turno: 20 peças	<input type="checkbox"/> manutenção		
		<input type="checkbox"/> sem carga				

5 a F e i r a	T1	h início	(Caixa, peças) <small>ex: (2319, 5) (3316, 12)</small>	Problemas	Duração	Troca de Turno
				<input type="checkbox"/> avaria		
				<input type="checkbox"/> sem programas		
				<input type="checkbox"/> problemas progs.		
	h troca	objetivo turno: 20 peças	<input type="checkbox"/> manutenção			
			<input type="checkbox"/> sem carga			
T2			<input type="checkbox"/> avaria			
	h fim		<input type="checkbox"/> sem programas			
			<input type="checkbox"/> problemas progs.			
		objetivo turno: 20 peças	<input type="checkbox"/> manutenção			
		<input type="checkbox"/> sem carga				
6 a F e i r a	T1	h início	(Caixa, peças)	Problemas	Duração	Troca de Turno
				<input type="checkbox"/> avaria		
				<input type="checkbox"/> sem programas		
				<input type="checkbox"/> problemas progs.		
	h troca	objetivo turno: 20 peças	<input type="checkbox"/> manutenção			
			<input type="checkbox"/> sem carga			
T2			<input type="checkbox"/> avaria			
	h fim		<input type="checkbox"/> sem programas			
			<input type="checkbox"/> problemas progs.			
		objetivo turno: 20 peças	<input type="checkbox"/> manutenção			
		<input type="checkbox"/> sem carga				
S á b a d o	T1	h início	(Caixa, peças)	Problemas	Duração	Troca de Turno
				<input type="checkbox"/> avaria		
				<input type="checkbox"/> sem programas		
				<input type="checkbox"/> problemas progs.		
	h troca	objetivo turno: 20 peças	<input type="checkbox"/> manutenção			
			<input type="checkbox"/> sem carga			
T2			<input type="checkbox"/> avaria			
	h fim		<input type="checkbox"/> sem programas			
			<input type="checkbox"/> problemas progs.			
		objetivo turno: 20 peças	<input type="checkbox"/> manutenção			
		<input type="checkbox"/> sem carga				

Figura 53 - Exemplo de folha semanal de turno, para o torno TN-0016